

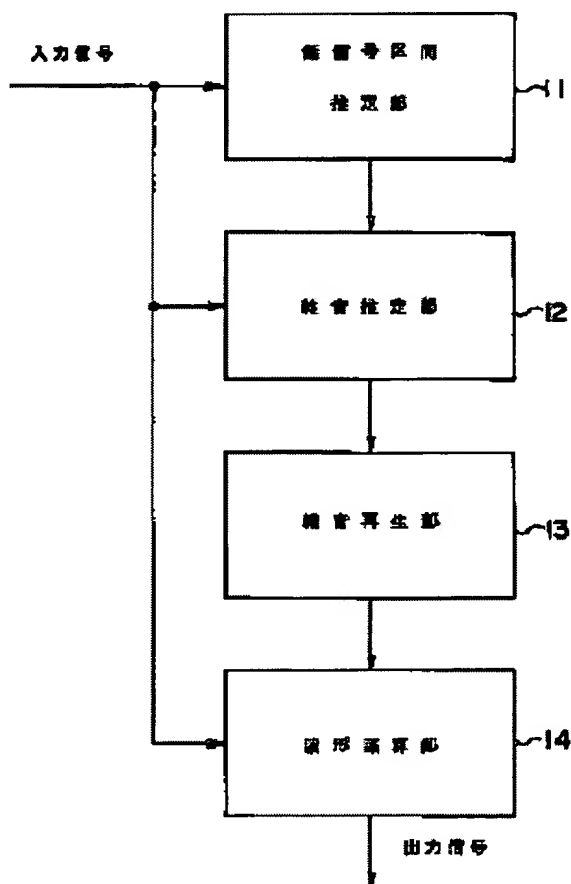
**PERIODIC NOISE ELIMINATION DEVICE AND PERIODIC NOISE ELIMINATING METHOD**

**Patent number:** JP10209889  
**Publication date:** 1998-08-07  
**Inventor:** KONDOU REISHI; MITOME YUKIO  
**Applicant:** NEC CORP  
**Classification:**  
- **International:** H04B1/10  
- **European:**  
**Application number:** JP19970014294 19970128  
**Priority number(s):**

Report a data error here

**Abstract of JP10209889**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To eliminate periodic noise from an input signal with the periodic noise superimposed thereon and having one or a plurality of non-signal blocks.  
**SOLUTION:** A non-signal block detection section 11 discriminates a signal block and a non-signal block of an input signal. A noise estimate section 12 assumes a noise model of periodic noise included in the input signal for the non-signal block to estimate parameters of the noise model. A noise reproduction section 13 reproduces the periodic noise from the parameters of the estimated noise model. A noise elimination section 14 subtracts the reproduced periodic noise from the input signal.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan



F 1339

(5)

③止

特願第000-359949号

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-209889

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 4 B 1/10

識別記号

F I

H 0 4 B 1/10

L

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-14294

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月28日

(71) 出願人 030004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 近藤 玲史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内

(72) 発明者 三留 幸夫

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内

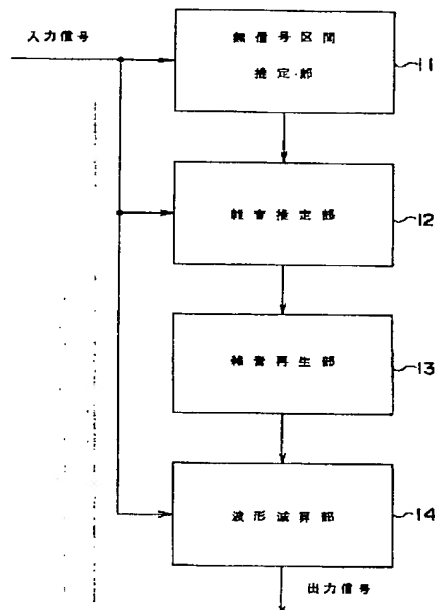
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 周期性雑音除去装置および周期性雑音除去方法

(57) 【要約】

【課題】 一つ或いは複数の無信号区間を有し、周期性雑音の重畳した入力信号から、周期性雑音を除去すること。

【解決手段】 無信号区間検出部11は入力信号の有信号区間と無信号区間とを判別する。雑音推定部12は無信号区間において入力信号に含まれる周期性雑音の雑音モデルを仮定してその雑音モデルのパラメータを推定する。雑音再生部13は推定された雑音モデルのパラメータから周期性雑音を再生する。雑音除去部14は入力信号から再生された周期線雑音を減算する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つの無信号区間を有し、かつ周期性雑音の重畳した入力信号から、前記周期性雑音を除去する周期性雑音除去装置において、前期入力信号の有信号区間と前記無信号区間とを判別する無信号区間検出部と、前記無信号区間において前記入力信号に含まれる周期性雑音の雑音モデルを仮定して該雑音モデルのパラメータを推定する雑音推定部と、前記推定された雑音モデルのパラメータから周期性雑音を再生する雑音再生部と、前記入力信号から前記再生された周期線雑音を減算する雑音除去部とを有することを特徴とする周期性雑音除去装置。

【請求項2】 前記雑音推定部が、前記雑音モデルを正弦波として、前記入力信号から正弦波の振幅と位相と周波数とを推定することを特徴とする、請求項1に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項3】 前記雑音推定部が、前記雑音モデルを複数の正弦波の和として、各々の正弦波の周波数と位相と振幅とを推定することを特徴とする、請求項2に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項4】 前記雑音推定部は、最初に一つの波形の基本周波数と位相と振幅とを推定し、他の波形の周波数に対しては前記一つの波形の基本周波数の整数倍としてパラメータを推定することを特徴とする、請求項3に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項5】 波形形状を入力するための入力部を更に備え、前記雑音推定部が、前記入力部から入力された波形を前記雑音モデルとしてパラメータを推定することを特徴とする、請求項1に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項6】 複数の波形形状を入力するための入力部を更に備え、前記雑音推定部が、前記雑音モデルを前記入力部から入力された複数の波形形状の和として、各々のパラメータを推定することを特徴とする、請求項1に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項7】 前記雑音推定部は、最初に一つの波形の基本周波数と位相と振幅とを推定し、他の波形の周波数に対しては前記一つの波形の基本周波数の整数倍としてパラメータを推定することを特徴とする、請求項6に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項8】 前記無信号区間検出部において少なくとも二箇所の分離した無信号区間が検出された場合において、前記雑音推定部は前記少なくとも二箇所の無信号区間において推定したパラメータを滑らかに補間することを特徴とする、請求項1に記載の周期性雑音除去装置。

【請求項9】 少なくとも一つの無信号区間を有し、かつ周期性雑音の重畳した入力信号から、前記周期性雑音を除去する周期性雑音除去方法において、前記入力信号の有信号区間と前記無信号区間とを判別するステップと、前記無信号区間において前記入力信号に含まれる周期性雑音の雑音モデルを仮定して該雑音モデルのパラメータを推定するステップと、前記推定された雑音モデル

のパラメータから周期性雑音を再生するステップと、前記入力信号から前記再生された周期線雑音を減算するステップとを含むことを特徴とする周期性雑音除去方法。

【請求項10】 前記雑音を推定するステップが、前記雑音モデルを正弦波として、前記入力信号から正弦波の振幅と位相と周波数とを推定することを特徴とする、請求項9に記載の周期性雑音除去方法。

【請求項11】 前記雑音を推定するステップが、前記雑音モデルを複数の正弦波の和として、各々の正弦波の周波数と位相と振幅とを推定することを特徴とする、請求項9に記載の周期性雑音除去方法。

【請求項12】 前記雑音を推定するステップが、最初に一つの波形の基本周波数と位相と振幅とを推定し、他の波形の周波数に対しては前記一つの波形の基本周波数の整数倍としてパラメータを推定することを特徴とする、請求項11に記載の周期性雑音除去方法。

【請求項13】 波形形状を入力するためのステップを更に備え、前記雑音を推定するステップが、前記入力部から入力された波形を雑音モデルとしてパラメータを推定することを特徴とする、請求項9に記載の周期性雑音除去方法。

【請求項14】 複数の波形形状を入力するためのステップを更に備え、前記雑音を推定するステップが、前記雑音モデルを入力された複数の波形形状の和として、各々のパラメータを推定することを特徴とする、請求項9に記載の周期性雑音除去方法。

【請求項15】 前記雑音を推定するステップが、最初に一つの波形の基本周波数と位相と振幅とを推定し、他の波形の周波数に対しては前記一つの波形の基本周波数の整数倍としてパラメータを推定することを特徴とする、請求項14に記載の周期性雑音除去方法。

【請求項16】 前記無信号区間を判別するステップにおいて少なくとも二箇所の分離した無信号区間が検出された場合において、前記雑音を推定するステップは前記少なくとも二箇所の無信号区間において推定したパラメータを滑らかに補間することを特徴とする、請求項9に記載の周期性雑音除去方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、周期性雑音の重畳した入力信号から周期性雑音成分を除去する装置および方法に関し、特に、ハムを除去する装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】マイクロフォンにより収録された音声信号やセンサによる計測信号に、商用電源から交流成分（ハム）が混入する場合がある。この原因には、電源回路における除去の不十分さや、ハイインピーダンスの伝送系への空中からの飛び込みなどがある。また、同様に

測定系の近傍にモータなど機器がある場合、その影響による周期性雑音が入混入する場合がある。一般にこれらを完全に除去するには高いコストがかかる。

【0003】従来から種々の周期性雑音除去装置が提案されている。例えば、特開昭61-85063号公報（以下、先行技術1と呼ぶ）には、センサによる計測装置からフィルタによってハムの波形を得て、それを遅延により同期させて計測信号より減算し、除去する方法が開示されている。

【0004】また、実開昭63-111105号公報（以下、先行技術2と呼ぶ）には、計測信号と並行して商用電源の波形を直接抽出し、振幅と位相を制御して減算する方法が開示されている。

【0005】さらに、特開平5-303385号公報（以下、先行技術3と呼ぶ）には、周期性雑音の周期の概ね整数倍のサンプリング周波数で入力信号をサンプリングし、蓄積、平均化して入力信号から減算して周期性雑音を取り除く方法が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述した先行技術では次に述べるような問題点がある。

【0007】先行技術1に開示されている方法によれば、ハムの波形を得た時にそれ以外の信号が充分抑圧されていれば、所期の効果を上げることができる。しかしながら、特に音声信号などのように、ハムの成分が必要とする信号のスペクトルに含まれる場合には、信号中からハムの成分のみを抽出するとは困難である。また、計測信号中には周期性雑音の他に非周期性雑音も重畳していることがあり、波形をそのまま用いると、そのような非周期性雑音で信号を歪調してしまう問題がある。更に、波形を直接減算する方法では、周期性成分の振幅、周波数などの各要素が変動する場合には、雑音成分を除去し切れず、かえって余分な雑音成分を付加する結果になる。

【0008】また、先行技術2に開示されている方法では、波形計測時に電源波形を同時に観測する必要がある。これは、計測時の負担が大きく、また電源波形の記録の無い信号に対しては適用することができない。

【0009】さらに、先行技術3に開示されている方法では、雑音の周期が予め既知である必要がある。

【0010】したがって、本発明の目的は、一つ或いは複数の無信号区間を有し、周期性雑音の重畳した入力信号から、周期性雑音を除去することができる周波数雑音除去装置を提供することにある。

【0011】具体的には、交流電源のハムノイズから重畳した音声信号から、ハムノイズを除去した音声信号を得ることにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、少なくとも一つの無信号区間を有し、かつ周期性雑音の重畳し

た入力信号から、前記周期性雑音を除去する周期性雑音除去装置において、前記入力信号の有信号区間と前記無信号区間とを判別する無信号区間検出部と、前記無信号区間において前記入力信号に含まれる周期性雑音の雑音モデルを仮定して該雑音モデルのパラメータを推定する雑音推定部と、前記推定された雑音モデルのパラメータから周期性雑音を再生する雑音再生部と、前記入力信号から前記再生された周期性雑音を減算する雑音除去部とを有することを特徴とする周期性雑音除去装置が得られる。

【0013】また、本発明によれば、少なくとも一つの無信号区間を有し、かつ周期性雑音の重畳した入力信号から、前記周期性雑音を除去する周期性雑音除去方法において、前記入力信号の有信号区間と前記無信号区間とを判別するステップと、前記無信号区間において前記入力信号に含まれる周期性雑音の雑音モデルを仮定して該雑音モデルのパラメータを推定するステップと、前記推定された雑音モデルのパラメータから周期性雑音を再生するステップと、前記入力信号から前記再生された周期性雑音を減算するステップとを含むことを特徴とする周期性雑音除去方法が得られる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0015】図1に本発明の第1の実施の形態による周期性雑音除去装置の構成を示す。図示の周期性雑音除去装置は、無信号区間推定部11と、雑音推定部12と、雑音再生部13と、波形減残部14とを有する。

【0016】無信号区間推定部11は入力信号が無信号区間を推定する。ここでいう「無信号区間」とは、信号の振幅が0である区間を意味するものではなく、目的とする信号の存在しない区間を指している。例えば、入力信号が音声信号であれば、発生の行われていない、雑音信号のみが存在する区間のことである。これには、入力信号の短時間平均パワーが閾値を下回る部分を無信号区間と推定する方法などがある。

【0017】雑音推定部12は、入力信号のうち、無信号区間推定部11で無信号区間であると推定された部分列から、予め設定された雑音モデルに従って特性（パラメータ）を推定する。雑音モデルは単一の波形形状、またはそれを表す数学モデルでも良いし、それらの複数のうちから選択するようになっていても良い。複数から選択する場合は、その選択項目自体のパラメータの一つとなる。

【0018】雑音再生部13は、推定されたパラメータから、雑音モデルに従って周期性雑音を再生する。ここでパラメータとしては、例えば、基本周期（周波数）、基本周期分の波形形状、振幅、位相を組にする。また、別のパラメータの例として、基本周期、基本周期分の周波数特性の時系列、振幅、位相の組でも良い。更に別の

パラメータの例として、基本的な波形形状の種類（正弦波、矩形波、三角波など）、その形状を決めるパラメータ（例えば矩形波の場合はデューティ比）、基本周期、振幅、位相の組を用いても良い。ここで再生された雑音は、無信号区間推定部11で有信号区間であると推定された部分に対しても継続して存在するものとする。

【0019】波形減算部14は、再生された雑音を入力信号から減算することで、入力信号から周期性雑音成分を除去する。

【0020】図2に図1に示した周期性雑音除去装置の各部の波形を示す。図1において、第1行目に入力信号を図示している。無信号区間推定部11は、この入力信号から無信号区間を図2の第1行目に示すように推定する。図2の第2行目にその推定された無信号区間を拡大したものを示す。雑音推定部12はこの無信号区間から周期性雑音のパラメータを推定する。このパラメータに基づいて、雑音再生部13は図2の第3行目および第4行目に示すように周期性雑音を再生する。波形減算部14は、図2の第4行目に示す再生された周期性雑音を図2の第1行目に示す入力信号を減算して、図2の第5行目に示すような、周期性雑音の除去された出力信号を得る。

【0021】本発明の第2の実施形態では、雑音推定部12において、周期性雑音は正弦波であると仮定する。これは、電源ハムなどの特に有効な仮定である。

【0022】最初に、無信号区間の入力信号を  $s(n)$  ( $0 \leq n \leq N$ ) とする。また、正弦波の角周波数の概略値を既知として、 $\omega_0$  とする。この値は、例えば、国内の電源ハムの場合は50Hzまたは60Hzである。

【0023】下記の数1に示す、角周波数の近傍二点  $\omega_{1c}$

$$\omega_{1c} = \frac{C0(\omega_0 + \omega_U) + C1(\omega_L + \omega_U) + C2(\omega_L + \omega_0)}{2(C0 + C1 + C2)}$$

$$C0 = \frac{A(\omega_L)^2}{(\omega_L - \omega_0)(\omega_L - \omega_U)}$$

$$C1 = \frac{A(\omega_L)^2}{(\omega_0 - \omega_L)(\omega_0 - \omega_U)}$$

$$C2 = \frac{A(\omega_U)^2}{(\omega_U - \omega_L)(\omega_U - \omega_0)}$$

ここで、コサインのフーリエ係数の代わりに、下記の数4で表される、サインのフーリエ係数  $B(\omega_L)$ 、 $B(\omega_0)$ 、 $B(\omega_U)$  を用いて、 $B(\omega)$  が最大値  $B(\omega_{1c})$  を取る角周波数  $\omega_{1s}$  を前記正弦波の角周波数の推定値としても良い。

【0027】

【数4】

\*  $\omega_L$ 、 $\omega_0$  ( $\omega_L < \omega_0 < \omega_U$ ) を定める。この時、推定したい周期性雑音を正弦波とみなした時の角周波数  $\omega$  が  $\omega_L < \omega < \omega_U$  となるように、幅  $\Delta\omega$  を選ぶ。

【0024】

【数1】

$$\omega_L = \omega_0 - \Delta\omega$$

$$\omega_U = \omega_0 + \Delta\omega$$

$$(\Delta\omega > 0)$$

角周波数  $\omega_L$ 、 $\omega_0$ 、 $\omega_U$  におけるコサインのフーリエ係数  $A(\omega_L)$ 、 $A(\omega_0)$ 、 $A(\omega_U)$  を下記の数2に従って求める。

【0025】

【数2】

$$A(\omega_0) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \cos(n \cdot \omega_0)\}$$

$$A(\omega_U) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \cos(n \cdot \omega_U)\}$$

$$A(\omega_L) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \cos(n \cdot \omega_L)\}$$

$\omega_L$ 、 $\omega_0$ 、 $\omega_U$ 、 $A(\omega_L)$ 、 $A(\omega_0)$ 、 $A(\omega_U)$  から、下記の数3に示すように、ラグランジュの補間法を用いて  $A(\omega)$  が最大値  $A(\omega_{1c})$  を取る角周波数  $\omega_{1c}$  を求め、これを正弦波の角周波数の推定値とする。

【0026】

【数3】

$$B(\omega_0) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \sin(n \cdot \omega_0)\}$$

$$B(\omega_0) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \sin(n \cdot \omega_0)\}$$

$$B(\omega_L) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \sin(n \cdot \omega_L)\}$$

また、入力が正弦波であるという仮定からずれている場合、前述した角周波数 $\omega_{1c}$ と $\omega_{1s}$ は必ずしも一致しない。その場合、 $\omega_{1c}$ と $\omega_{1s}$ のどちらか一方、あるいはそれらの平均値 $\omega_1$ を前記正弦波の角周波数の推定値とし\*

$$n(t) = A(\omega_1) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + B(\omega_1) \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$$

図3を参照すると、本発明の第3の実施の形態に係る周期性雑音除去装置は、波形形状入力部15を有し、雑音推定部および雑音再生部が後述するように変形されている点を除いて、図1に示したものと同様の構成を有する。従って、雑音推定部および雑音再生部にそれぞれ参照12Aおよび13Aを付すと共に、図1に示したものと

同様の機能を有するものには同一の参照を付して、説明の簡略化するためにそれらの説明を省略する。

【0030】波形形状入力部15は波形形状を入力する。波形形状としては、正弦波、三角波、矩形波などの波形の種類、もしくはその混合を与える。

【0031】雑音推定部12Aは、波形形状入力部15から入力された波形形状、およびパラメータ種別に基づいて、その波形で最適な波形の波形の周波数と振幅、位相を最尤推定によって決定する。

【0032】波形形状入力部15は、波形形状の他に、波形の形状を決定するパラメータを同時に入力しても良い。

【0033】図4に波形形状入力部15の入力画面を示す。ここでは、波形形状として矩形波を入力し、また矩形波のパラメータ $\alpha$ として0.3を入力している。このパラメータ $\alpha$ は、図5に示すように、矩形波のデューティ比を与える。雑音推定部12Aは、入力信号に基づいて、波形形状入力部15から入力された矩形波の周波数、振幅、位相の最適な推定値を求める。雑音再生部13Aは、波形形状入力部15から入力された波形形状に基づいて、雑音推定部12Aで推定された周期性雑音を再生する。

【0034】図6を参照すると、本発明の第4の実施の形態に係る周期性雑音除去装置は、後述するように、雑音推定部と雑音再生部を並列に各々複数備えている点を除いて、図1に示したものと同様の構成を有する。すなわち、第4の実施の形態では、入力信号中の周期性雑音が、数が既知の複数の波形の和であると仮定している。但し、図示の例は、入力信号中の周期性雑音が2つの波形の和であると仮定した例を示している。従って、第4

【0028】次に、角周波数 $\omega_1$ におけるコサインとサインのフーリエ係数 $A(\omega_1)$ 、 $B(\omega_1)$ を求める。推定された周期性雑音の角周波数 $\omega_1$ 、コサインとサインのフーリエ係数 $A(\omega_1)$ 、 $B(\omega_1)$ から前記仮定された正弦波は一意に決定できる。従って、本第2の実施の形態では、雑音再生部12は下記の数5のように雑音 $n(t)$ を再生する。

【0029】

【数5】

$$n(t) = A(\omega_1) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + B(\omega_1) \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$$

の実施の形態では、雑音推定部として第1および第2の雑音推定部12-1および12-2を備え、雑音再生部として第1および第2の雑音再生部13-1および13-2を備えている。

【0035】第1の雑音推定部12-1は、上述した第1乃至第3の実施の形態で説明したいずれかの方法で、入力信号から第1の周期性雑音を推定し、第1の雑音再生部13-1はこの第1の雑音推定部12-1で推定された第1の周期性雑音を再生する。同様に、第2の雑音推定部12-2は、上述した第1乃至第3の実施の形態で説明したいずれかの方法で、入力信号から第2の周期性雑音を推定し、第2の雑音再生部13-2はこの第2の雑音推定部12-2で推定された第2の周期性雑音を再生する。ただし、第1の雑音推定部12-1と第2の雑音推定部12-2で推定された第1および第2の周期性雑音の周期は、それぞれ異なるものとする。波形減算部14は、入力信号から、第1および第2の雑音再生部13-1および13-2で再生された第1および第2の周期性雑音を減算する。

【0036】図7を参照すると、本発明の第5の実施の形態に係る周期性雑音除去装置は、後述するように、雑音推定部、雑音再生部および波形減算部を1つのユニットとして複数段縦続接続した点を除いて、図1に示したものと同様の構成を有する。図示の例は、雑音推定部、雑音再生部および波形減算部から成るユニットを2段縦続接続した例を示している。従って、第5の実施の形態では、雑音推定部として第1および第2の雑音推定部12-1および12-2を備え、雑音再生部として第1および第2の雑音再生部13-1および13-2を備え、波形減算部として第1および第2の波形減算部14-1および14-2を備えている。

【0037】第1の雑音推定部12-1は、上述した第1乃至第3の実施の形態で説明したいずれかの方法で、入力信号から第1の周期性雑音を推定し、第1の雑音再生部13-1はこの第1の雑音推定部12-1で推定された第1の周期性雑音を再生する。第1の波形減算部1

4-1は、入力信号から、第1の雑音再生部13-1で再生された第1の周期性雑音を減算する。

【0038】引き続き、第2の雑音推定部12-2は、上述した第1乃至第3の実施の形態で説明したいずれかの方法で、第1の波形減算部14-1の出力信号から第2の周期性雑音を推定し、第2の雑音再生部13-2はこの第2の雑音推定部12-2で推定された第2の周期性雑音を再生する。第2の波形減算部14-1は、第1の波形減算部14-1の出力信号から、第2の雑音再生部13-2で再生された第2の周期性雑音を減算する。

【0039】図8を参照すると、本発明の第6の実施の形態に係る周期性雑音除去装置は、後述するように、波形形状入力部、雑音推定部および雑音再生部を並列に各々複数備えている点を除いて、図3に示したものと同様の構成を有する。すなわち、第6の実施の形態では、入力信号中の周期性雑音が、数が既知の複数の波形の和であると仮定している。但し、図示の例は、入力信号中の周期性雑音が2つの波形の和であると仮定した例を示している。従って、第6の実施の形態では、波形形状入力部として第1および第2の波形形状入力部15-1および15-2を備え、雑音推定部として第1および第2の雑音推定部12A-1および12A-2を備え、雑音再生部として第1および第2の雑音再生部13A-1および13A-2を備えている。

【0040】第1および第2の波形形状入力部15-1および15-2は、それぞれ、第1および第2の波形形状を入力する。第1および第2の雑音推定部12A-1および12A-2は、それぞれ、入力された第1および第2の波形形状に従って雑音のパラメータを推定する。第1および第2の雑音再生部13A-1および13A-2は、それぞれ、第1および第2の波形形状入力部15-1および15-2から入力された第1および第2の波形形状に基づいて、第1および第2の雑音推定部12A-1および12A-2で推定された第1および第2の周期性雑音を再生する。波形減算部14は、入力信号から、第1および第2の雑音再生部13A-1および13A-2で再生された第1および第2の周期性雑音を減算する。

【0041】図9に上記第6の実施の形態における実際の波形の関係を示す。ここでは、第1の波形形状入力部15-1において入力された第1の波形形状を、図9の第2行目の如く、入力された波形1で図示し、第2の波形形状入力部15-2において入力された第2の波形形状を、図9の第4行目の如く、入力された波形2で図示している。第1の雑音推定部12A-1は、入力された波形1に対して、推定したい第1の雑音波形にフィットする最適な基本周期、振幅、位相を前述した第3の実施の形態と同様に求め、第1の雑音再生部13A-1は図9の第3行目に示すような雑音1を再生する。同様に、

第2の雑音推定部12A-2は、入力された波形2に対して、推定したい第2の雑音波形にフィットする最適な基本周期、振幅、位相を前述した第3の実施の形態と同様に求め、第2の雑音再生部13A-2は図9の第5行目に示すような雑音2を再生する。波形減算部14は、入力信号から、これら2つの雑音1および雑音2（すなわち、図9の第1行目に図示した推定したい雑音波形）を減算する。

【0042】図10を参照すると、本発明の第7の実施の形態に係る周期性雑音除去装置は、後述するように、波形形状入力部、雑音推定部、雑音再生部および波形減算部を1つのユニットとして複数段縦続接続した点を除いて、図3に示したものと同様の構成を有する。図示の例は、波形形状入力部、雑音推定部、雑音再生部および波形減算部から成るユニットを2段縦続接続した例を示している。従って、第5の実施の形態では、波形形状入力部として第1および第2の波形形状入力部15-1および15-2を備え、雑音推定部として第1および第2の雑音推定部12A-1および12A-2を備え、雑音再生部として第1および第2の雑音再生部13A-1および13A-2を備え、波形減算部として第1および第2の波形減算部14-1および14-2を備えている。

【0043】すなわち、この第7の実施の形態は、図7を参照して説明した第5の実施の形態と同様に、推定した雑音を順に消去しながら、複数（図示の例では2つ）の波形形状にかかるパラメータを推定している。

【0044】図11を参照すると、本発明の第8の実施の形態に係る周期性雑音除去装置は、後述するように、第1および第2の雑音推定部が変形された点を除いて図7に示したものと同様の構成を有する。したがって、第1および第2の雑音推定部にそれぞれ参照符号12B-1および12B-2を付してある。ここでは例として、入力信号中の周期性雑音が2つの波形の和であると仮定している。

【0045】第1の雑音推定部12B-1は、上述した第1乃至第3の実施の形態で述べた方法で、入力信号から第1の周期性雑音を推定し、第1の雑音再生部13-1は第1の雑音推定部12B-1で推定された周期性雑音を再生する。ここで、第1の雑音推定部13B-1で推定された第1の周期性雑音の波形の角周波数 $\omega_1$ を、推定すべき波形の基本角周波数とする。

【0046】第2の雑音推定部12B-2は、上記推定された基本角周波数 $\omega_1$ の、予め決められた整数係数倍 $n\omega_1$ を角周波数とし、それ以外は上述した第1乃至第3の実施の形態で述べた方法で、第1の波形減算部14-1の出力信号から、第1の周期性雑音の角周波数 $\omega_1$ 以外の第2の周期性雑音のパラメータを推定する。第2の雑音再生部13-2は第2の雑音推定部12B-2で推定された第2の周期性雑音を再生する。第2の波形減算部14-2は、第1の波形減算部14-1の出力信号

から、第2の雑音再生部13-2で再生された第2の周期性雑音を減算する。

【0047】図12および図13を参照して、本発明の第9の実施の形態に係る周期性雑音除去装置について説明する。第9の実施の形態では、無信号区間推定部11において、無信号区間を二箇所検出する。この時の波形を図12に示す。ここで、検出された二つの無信号区間を、それぞれ、図12に示す時刻 $t_1$ と $t_2$ で代表する( $t_1 < t_2$ )。前述したように、周期性雑音を規定する角周波数は一定ではなく、時間とともに変動すると考えられる。ここでは、時刻 $t_1$ と $t_2$ で代表される無信号区間において、上述した実施の形態で説明した方法で推定された雑音波形の角周波数をそれぞれ $\omega(t_1)$ 、 $\omega(t_2)$ とする。この時、図13に示すように、時刻 $t$ における周期性雑音の角周波数 $\omega(t)$ を滑らかに補間する。具体的には下記の数6に従って直線補間を行う。

【0048】

【数6】

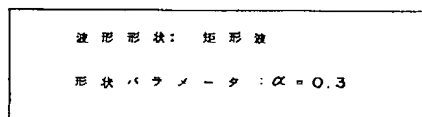
$$\omega(t) = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \{ \omega(t_2) - \omega(t_1) \} + \omega(t_1)$$

本発明は上述した実施の形態に限定せず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の変更・変形が可能である。例えば、入力信号に無信号区間が三箇所以上存在する場合も、同様に代表する点を取って補間できる。また直線補間でなく、スプライン補間を用いることも可能である。さらに、推定された周期性雑音の角周波数だけでなく、振幅、位相などの推定されたパラメータも同様に補間することができる。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、入力信号から一つあるいは複数の無信号区間を判別し、判別した無信号区間の入力信号から周期性雑音を推定し、推定した周期性雑音を再生しているので、周期性雑音の重畳した入力信号から周期性雑音を除去することが可能となる。このような入力信号には、例えば交流電源のハムノイズが重畳した音声信号があり、音声収録する段階でハムノイズを完全に除去できなかった場合でも、その\*

【図4】



\*後の処理でハムノイズを実質的に完全に除去することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

【図2】図1に図示した周波数雑音除去装置の各部の信号波形を説明する波形図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

【図4】図3に図示した周波数雑音除去装置に使用される波形形状入力部の入力画面例を示す図である。

【図5】図4に図した波形パラメータを説明するための図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

【図7】本発明の第5の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

【図8】本発明の第6の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

【図9】図8に図示した周波数雑音除去装置の動作を説明するための各部の波形を示した波形図である。

【図10】本発明の第7の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

【図11】本発明の第8の実施の形態による周波数雑音除去装置を示すブロック図である。

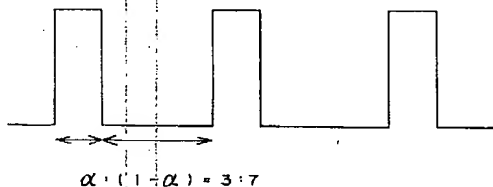
【図12】本発明の第9の実施の形態による周波数雑音除去装置における、波形と無信号区間を代表する時刻との関係を説明するための図である。

【図13】本発明の第9の実施の形態による周波数雑音除去装置における、時刻と角周波数との関係を説明するための図である。

【符号の説明】

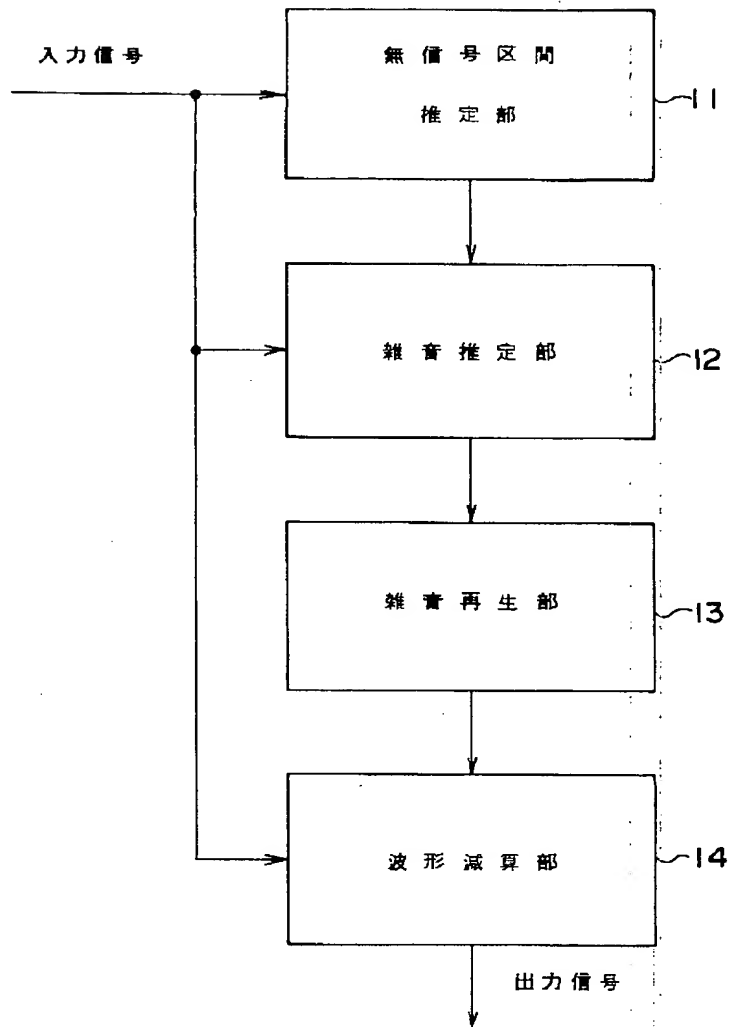
- 11 無信号区間推定部
- 12, 12A, 12-1, 12-2, 12A-1, 12A-2, 12B-1, 12B-2 雑音推定部
- 13, 13A, 13-1, 13-2, 13A-1, 13A-2 雑音再生部
- 14, 14-1, 14-2 波形減算部
- 15, 15-1, 15-2 波形形状入力部

【図5】

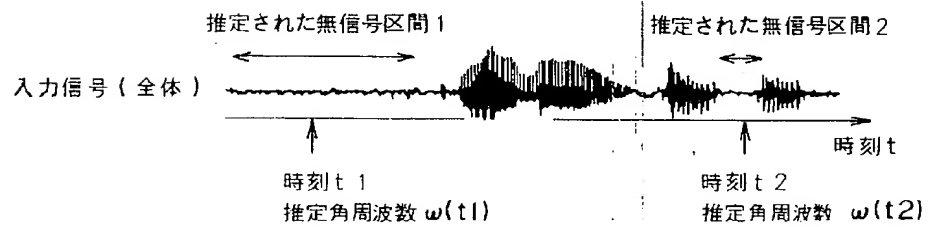




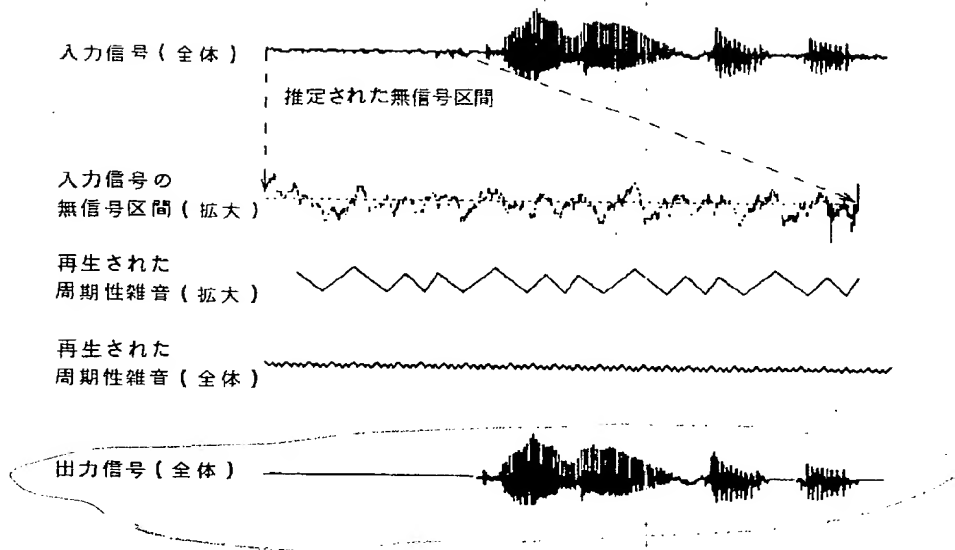
〔図1〕



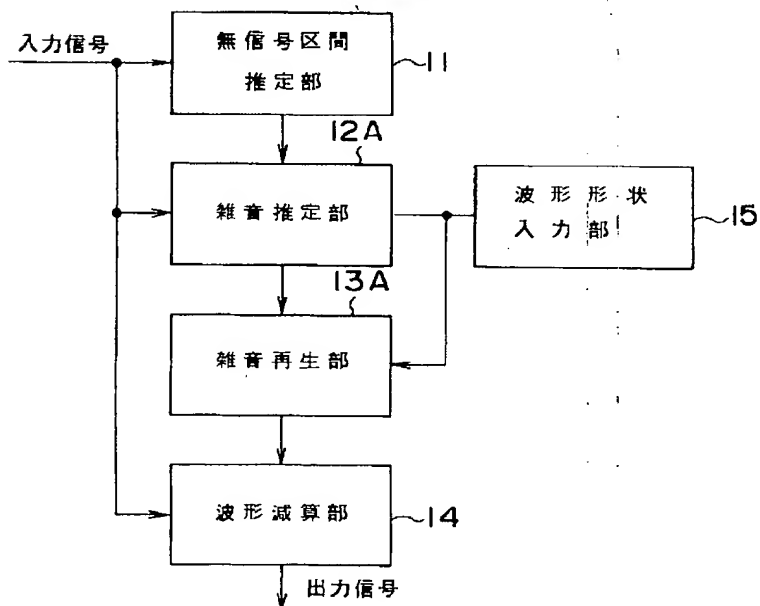
〔図12〕



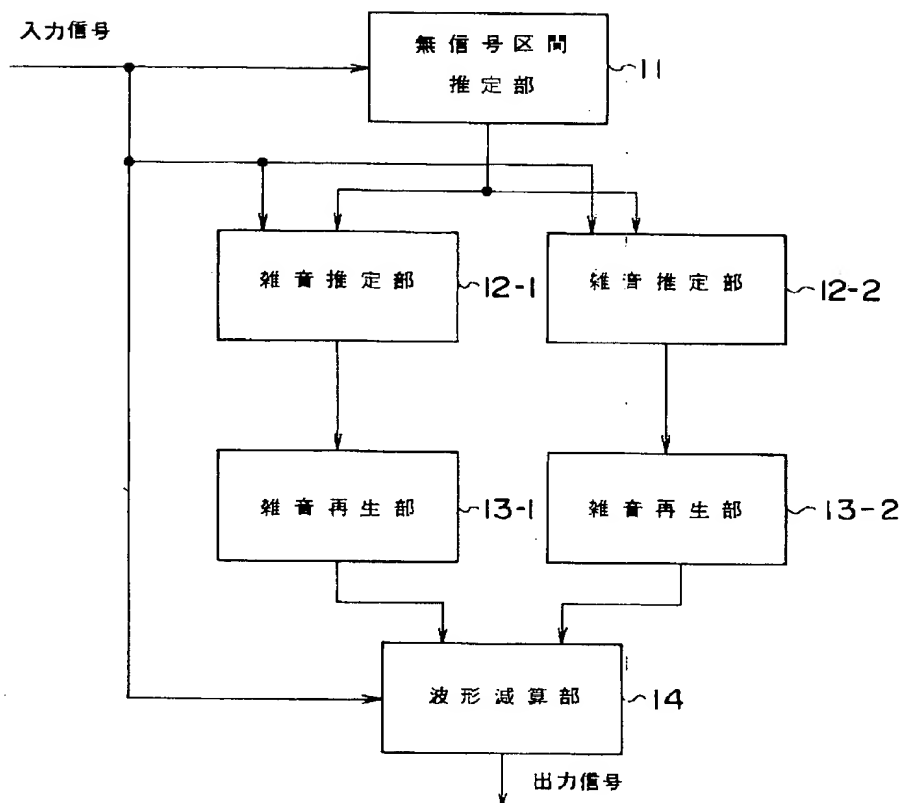
【図2】



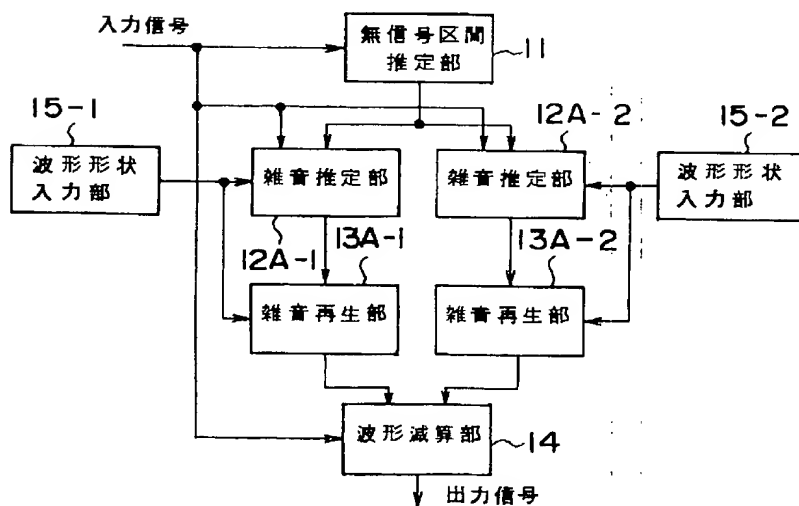
【図3】



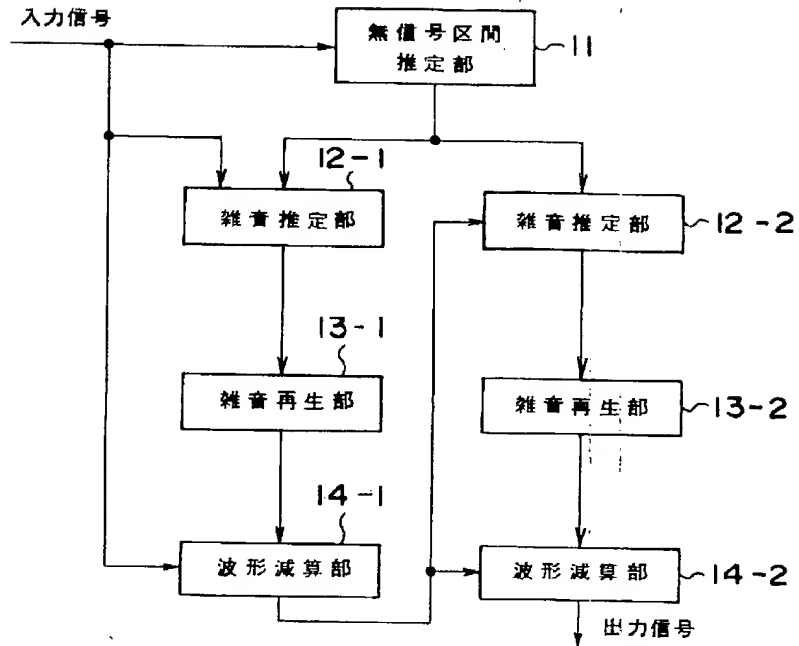
【図6】



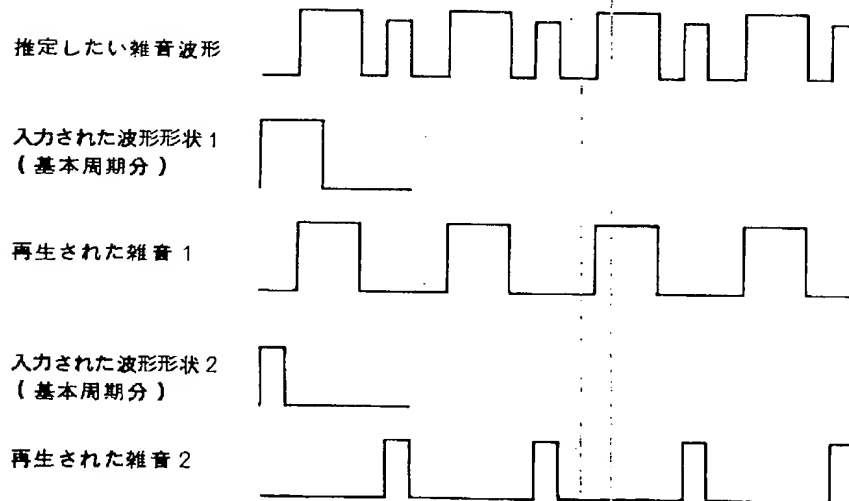
【図8】



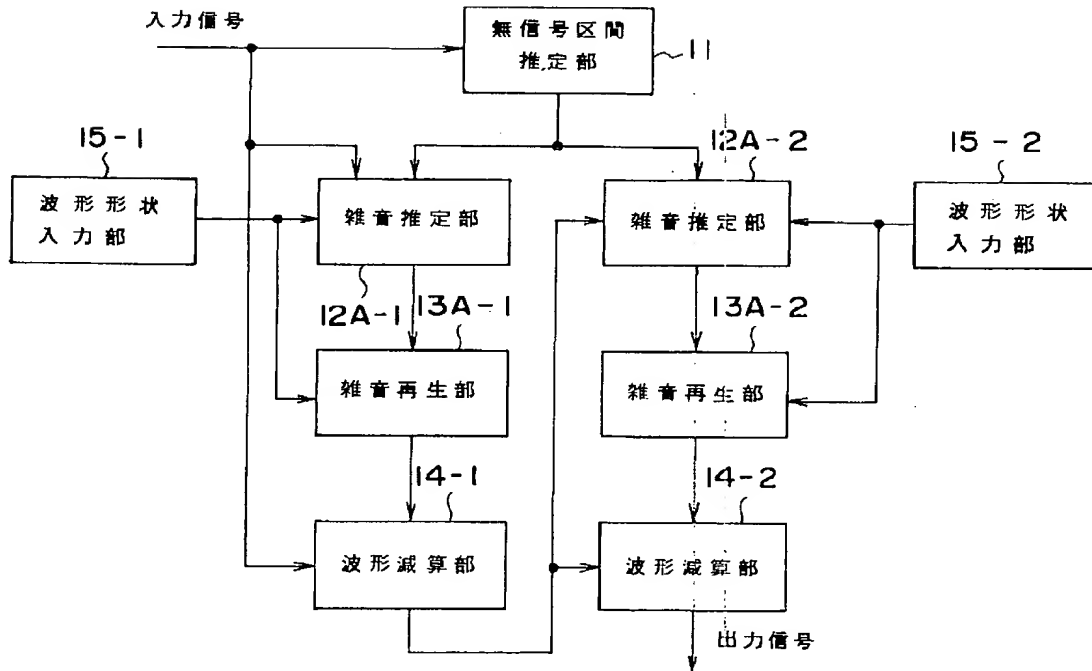
【図7】



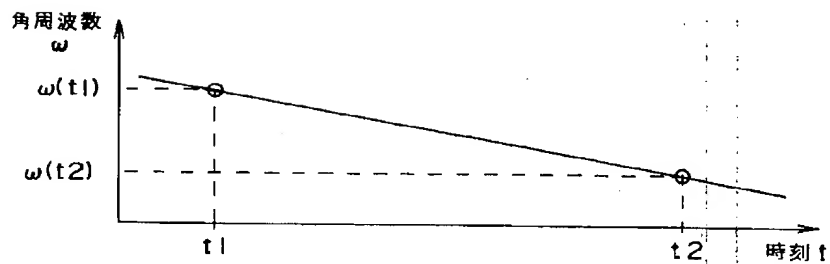
【図9】



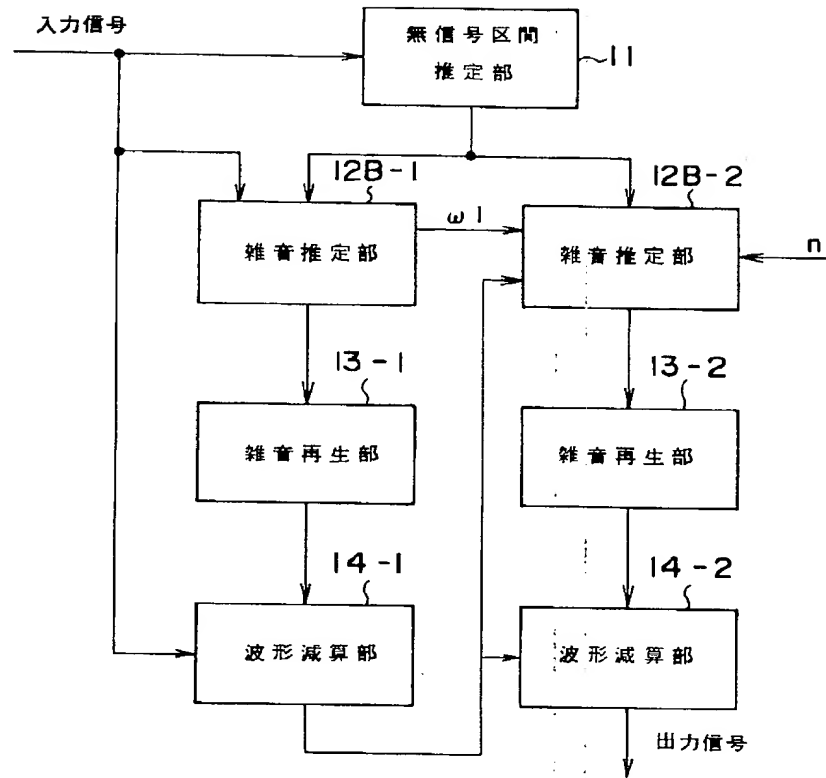
〔図10〕



〔図13〕



【図11】



Japanese Patent Application Laid-open No.10-209889

**【Title of Invention】 PERIODIC NOISE ELIMINATING DEVICE AND METHOD**

**【Abstract】**

**【PROBLEM TO BE SOLVED】** To eliminate periodic noise from an input signal with the periodic noise superimposed thereon and with one or more non-signal blocks.

**【SOLUTION】** A non-signal block detecting portion 11 discriminates a signal block and a non-signal block of an input signal. A noise estimating portion 12 assumes a noise model of periodic noise included in the input signal in the non-signal block to estimate parameters of the noise model. A noise reproducing portion 13 reproduces the periodic noise from the parameters of the estimated noise model. A noise eliminating portion 14 subtracts the reproduced periodic noise from the input signal.

**【Claim】**

1. A periodic noise eliminating device eliminating a periodic noise from an input signal with the periodic noise superimposed thereon and with at least one non-signal block comprising: a non-signal block detecting portion discriminating a signal block and the non-signal block of the input signal; a noise estimating portion assuming a noise model of the periodic noise included in the input signal in the non-signal block to estimate parameters of the noise model; a noise reproducing portion reproducing a periodic noise from the parameters of the estimated noise model; and a noise eliminating portion subtracting the reproduced periodic noise from the input signal.

2. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 1, wherein the noise estimating portion estimates an amplitude, a phase and a frequency of a sine wave from the input signal with the noise model being made a sine wave.

3. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 2, wherein the noise estimating portion estimates a frequency, a phase and an amplitude of each sine wave with the noise model being made a sum of a plurality of sine waves.

4. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 3, wherein the noise estimating portion firstly estimates a basic frequency, phase and amplitude of a single waveform, and estimates parameters for a frequency of another waveform by integral multiplication of the basic frequency of the single waveform.

5. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 1, further comprising an input portion inputting a waveform, the noise estimating portion estimating a parameter with the waveform inputted from the input portion being made the noise model.

6. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 1, further comprising an input portion inputting a plurality of waveforms, the noise estimating portion estimating each parameter with the noise model being made a sum of a plurality of waveforms inputted from the input portion.

7. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 6, wherein the noise estimating portion firstly estimates a basic frequency, phase and amplitude of a single waveform, and estimates parameters for a frequency of another waveform by integral multiplication of the basic frequency of the single waveform.



8. The periodic noise eliminating device as claimed in claim 1, wherein when at least two separated non-signal blocks are detected in the non-signal block detecting portion, the noise estimating portion smoothly interpolates parameter estimated in at least two non-signal blocks.

9. A periodic noise eliminating method eliminating a periodic noise from an input signal with the periodic noise superimposed thereon and with at least one non-signal block comprising: a step of discriminating a signal block and the non-signal block of the input signal; a step of assuming a noise model of the periodic noise included in the input signal in the non-signal block to estimate parameters of the noise model; a step of reproducing a periodic noise from the parameters of the estimated noise model; and a step of subtracting the reproduced periodic noise from the input signal.

10. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 9, wherein the step of estimating noise estimates an amplitude, a phase and a frequency of a sine wave from the input signal with the noise model being made a sine wave.

11. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 9, wherein the step of estimating noise estimates a frequency, a phase and an amplitude of each sine wave with the noise model being made a sum of a plurality of sine waves.

12. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 11, wherein the step of estimating noise firstly estimates a basic frequency, phase and amplitude of a single waveform, and estimates parameters for a frequency of another waveform by integral multiplication of the basic frequency of the single waveform.

13. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 9, further comprising a step of inputting a waveform, the step of estimating noise estimating a parameter with the waveform inputted from the input portion being made the noise model.

14. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 9, further comprising a step of inputting a plurality of waveforms, the step of estimating noise estimating each parameter with the noise model being made a sum of a plurality of waveforms inputted.

15. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 14, wherein the step of estimating noise firstly estimates a basic frequency, phase and amplitude of a single waveform, and estimates parameters for a

frequency of another waveform by integral multiplication of the basic frequency of the single waveform.

16. The periodic noise eliminating method as claimed in claim 9, wherein when at least two separated non-signal blocks are detected at the step of discriminating non-signal block, the step of estimating noise smoothly interpolates parameter estimated in at least two non-signal blocks.

**【Detailed Description of the Invention】**

**【0001】**

**【Technical Field to which the Invention belongs】**

The present invention relates to a device and method for eliminating a periodic noise component from an input signal with a periodic noise superimposed thereon, and in particular to a device and method eliminating hum.

**【0002】**

**【Prior Art】**

An alternate current component (hum) from a commercial power mixes in a voice signal recorded by a microphone and a measured signal by a sensor in some cases. As its cause, insufficiency of eliminating noise in a power circuit, a jump into a transmission system of high impedance from the air, or the like can be mentioned. Similarly, in the presence of a device such as a motor close to a measuring system, periodic noise by its influence mixes in some cases. Generally, it costs high to completely eliminate the periodic noise.

**【0003】**

Various periodic noise eliminating devices have been proposed. For example, a method for obtaining a waveform of hum by a filter from a measuring device of a sensor, subtracting the hum waveform, synthesizing the hum waveform by delaying to be subtracted from the measured signal, and eliminating the hum has been disclosed in the Published Patent Application No.61-85063 (hereinafter, referred to as prior art 1).

**【0004】**

Also, a method for directly extracting a waveform of a commercial power in parallel with a measured signal, and controlling an amplitude and a phase to be subtracted has been disclosed in the Published Utility Model Application No.63-111105 (hereinafter, referred to as prior art 2).

**【0005】**

Furthermore, a method for sampling an input signal with a sampling frequency of almost integral multiple of a period of periodic noise, and subtracting the sampled value from the input signal after accumulating and averaging to eliminate the periodic noise has been disclosed in the Published Patent Application No. 5-303385 (hereinafter, referred to as prior art 3).

【0006】

【Problem to be solved by the Invention】

In the above-mentioned prior arts, the following problems occur:

【0007】

According to the method disclosed in the prior art 1, if other signals are sufficiently suppressed when a waveform of hum is obtained, a desired effect can be achieved. However, when a hum component is included in a spectrum of a signal required such as a voice signal especially, an extraction of only the hum component from a signal is difficult. Also, not only periodic noise but also non-periodic noise is superimposed in the measured signal in some cases. Therefore, if the waveform is used as it is, there is a problem that such non-periodic noise modulates the signal. Furthermore, when each element such as an amplitude and a frequency of a periodic component varies in the method of directly subtracting the waveform, not all of the noise component is eliminated, resulting in an addition of an extra noise component on the contrary.

【0008】

Also, in the method disclosed in the prior art 2, it is required to simultaneously observe a power waveform at a time of a waveform measurement. This puts a heavy load at the measurement time, and can not be applied to a signal with no recording of the power waveform.

【0009】

Furthermore, in the method disclosed in the prior art 3, it is required to preliminarily know a period of a noise.

【0010】

It is accordingly an object of the present invention to provide a periodic noise eliminating device which can eliminate periodic noise from an input signal with one or more non-signal blocks and with periodic noise superimposed thereon.

【0011】

Specifically, it is an object to obtain a voice signal in which hum noise

is eliminated, from a voice signal on which hum noise of an alternate current power is superimposed.

**【0012】**

**【Means for solving the Problem】**

According to the present invention, in a periodic noise eliminating device eliminating a periodic noise from an input signal with the periodic noise superimposed thereon and with at least one non-signal block, a periodic noise eliminating device is obtained comprising a non-signal block detecting portion discriminating a signal block and the non-signal block of the input signal; a noise estimating portion assuming a noise model of the periodic noise included in the input signal in the non-signal block to estimate parameters of the noise model; a noise reproducing portion reproducing a periodic noise from the parameters of the estimated noise model; and a noise eliminating portion subtracting the reproduced periodic noise from the input signal.

**【0013】**

Also, according to the present invention, in a periodic noise eliminating method eliminating a periodic noise from an input signal with the periodic noise superimposed thereon and with at least one non-signal block, a periodic noise eliminating method is obtained comprising a step of discriminating a signal block and the non-signal block of the input signal; a step of assuming a noise model of the periodic noise included in the input signal in the non-signal block to estimate parameters of the noise model; a step of reproducing a periodic noise from the parameters of the estimated noise model; and a step of subtracting the reproduced periodic noise from the input signal.

**【0014】**

**【Form of Embodiments of the Invention】**

Hereinafter, the embodiment of the present invention will be described in detail by referring to attached figures.

**【0015】**

Fig.1 shows an arrangement of a periodic noise eliminating device by the 1st embodiment of the present invention. The periodic noise eliminating device of Fig.1 has a non-signal block estimating portion 11, a noise estimating portion 12, a noise reproducing portion 13 and a waveform subtracting portion 14.

【0016】

The non-signal block estimating portion 11 estimates an input signal or a non-signal block. The “non-signal block” in this description does not mean a block in which a signal amplitude is 0, but means a block in which an aimed signal does not exist. For example, if the input signal is a voice signal, it means a block in which only a noise signal exists without generation. For this, there is a method such as estimating a part in which a short time average power of the input signal is lower than a threshold as a non-signal block.

【0017】

The noise estimating portion 12 estimates a characteristic (parameter) according to a noise model preset, from a partial sequence estimated to be a non-signal block in the input signal by the non-signal block estimating portion 11. The noise model may be a single waveform, or a mathematic model indicating the waveform, or may be selected from among a plurality of models. In case of selecting from a plurality of models, the model assumes one of parameters of its selection items themselves.

【0018】

The noise reproducing portion 13 reproduces the periodic noise according to the noise model from the estimated parameter. In this description, e.g. a basic period (frequency), a waveform, an amplitude and a phase for the basic period are made a single group as a parameter. Also, as another parameter example, a basic period, a time series of a frequency characteristic, an amplitude, and a phase for the basic period may be made a single group. Furthermore, as another parameter example, a group of kinds (sine wave, square wave, triangular wave, and the like) of a basic waveform, a parameter (duty ratio in case of rectangular wave) for determining its form, a basic period, an amplitude and a phase may be used. The noise reproduced here is assumed to continuously exist for the part estimated as a signal block by the non-signal block estimating portion 11.

【0019】

The waveform subtracting portion 14 subtracts the reproduced noise from the input signal, thereby eliminating a periodic noise component from the input signal.

【0020】

Fig.2 shows a waveform of each portion of the periodic noise

eliminating device shown in Fig.1. In Fig.1, the first row shows an input signal. The non-signal block estimating portion 11 estimates the non-signal block from the input signal as shown in the first row of Fig.2. Fig.2 shows the estimated non-signal block enlarged in the second row. The noise estimating portion 12 estimates the parameter of the periodic noise from the non-signal block. Based on this parameter, the noise reproducing portion 13 reproduces the periodic noise as shown in the third and the fourth rows of Fig.2. The waveform subtracting portion 14 subtracts the periodic noise reproduced shown in the fourth row of Fig.2 from the input signal shown in the first row of Fig.2 to obtain an output signal from which the periodic noise is eliminated as shown in the fifth row of Fig.2.

**[0021]**

In the second embodiment of the present invention, it is assumed that the periodic noise is a sine wave in the noise estimating portion 12. This assumption is especially effective for a power hum or the like.

**[0022]**

Firstly, the input signal of the non-signal block is assumed to be  $s(n)$  ( $0 \leq n \leq N$ ). Also, an approximate value of an angular frequency of a sine wave is assumed to be known  $\omega_0$ . This value is 50 Hz or 60 Hz in case of e.g. a domestic power hum.

**[0023]**

Adjacent two points  $\omega_L$  and  $\omega_U$  ( $\omega_L < \omega_0 < \omega_U$ ) of the angular frequency are determined as shown in the following equation 1. At this time, a width  $\Delta\omega$  is selected so that the angular frequency  $\omega$  when the periodic noise whose estimation is desired is regarded as a sine wave may assume  $\omega_L < \omega < \omega_U$ .

**[0024]**

**[Eq.1]**

$$\omega_L = \omega_0 - \Delta\omega$$

$$\omega_U = \omega_0 + \Delta\omega$$

$$(\Delta\omega > 0)$$

Fourier coefficients  $A(\omega_L)$ ,  $A(\omega_0)$  and  $A(\omega_U)$  of cosine in the angular frequencies  $\omega_L$ ,  $\omega_0$  and  $\omega_U$  are obtained according to the following equation 2:

**[0025]**

[Eq.2]

$$A(\omega_0) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \cos(n \cdot \omega_0)\}$$

$$A(\omega_U) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \cos(n \cdot \omega_U)\}$$

$$A(\omega_L) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N \{s(n) \cdot \cos(n \cdot \omega_L)\}$$

An angular frequency  $\omega_{1c}$  in which  $A(\omega)$  assumes the maximum value  $A(\omega_{1c})$  by using Lagrange's interpolation method is obtained, as shown in the following equation 3, from  $\omega_L$ ,  $\omega_0$ ,  $\omega_U$ ,  $A(\omega_L)$ ,  $A(\omega_0)$  and  $A(\omega_U)$  to be made the estimated value of the angular frequency of the sine wave.

[0026]

[Eq.3]

$$\omega_{1c} = \frac{C0(\omega_0 + \omega_U) + C1(\omega_L + \omega_U) + C2(\omega_L + \omega_0)}{2(C0 + C1 + C2)}$$

$$C0 = \frac{A(\omega_L)^2}{(\omega_L - \omega_0)(\omega_L - \omega_U)}$$

$$C1 = \frac{A(\omega_L)^2}{(\omega_0 - \omega_L)(\omega_0 - \omega_U)}$$

$$C2 = \frac{A(\omega_U)^2}{(\omega_U - \omega_L)(\omega_U - \omega_0)}$$

Instead of the Fourier coefficients of the cosine, the angular frequency  $\omega_{1s}$  in which  $B(\omega)$  assumes the maximum value  $B(\omega_{1s})$  by using Fourier coefficients  $B(\omega_L)$ ,  $B(\omega_0)$  and  $B(\omega_U)$  of sine as shown in the following equation 4 may be made the estimated value of the angular frequency of the sine wave.

[0027]

[Eq.4]

$$B(\omega_0) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N (s(n) \cdot \sin(n \cdot \omega_0))$$

$$B(\omega_U) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N (s(n) \cdot \sin(n \cdot \omega_U))$$

$$B(\omega_L) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^N (s(n) \cdot \sin(n \cdot \omega_L))$$

Also, in a case where the input is not coincident with the assumption that the input is the sine wave, the above-mentioned angular frequency  $\omega_{1c}$  is not always coincident with  $\omega_{1s}$ . At this time, either  $\omega_{1c}$  or  $\omega_{1s}$ , or the average  $\omega_1$  thereof may be made the estimated value of the angular frequency of the sine wave. In the following description, regardless of values adopted,  $\omega_1$  is used as the estimated value of the angular frequency of the sine wave.

[0028]

Then, the Fourier coefficients  $A(\omega_1)$  and  $B(\omega_1)$  of the cosine and the sine in the angular frequency  $\omega_1$  are obtained. From the angular frequency  $\omega_1$  of the estimated periodic noise, the Fourier coefficients  $A(\omega_1)$  and  $B(\omega_1)$  of the cosine and the sine, the assumed sine wave can be uniquely determined. Accordingly, the noise reproducing portion 12 reproduces a noise  $n(t)$  as shown in the following equation 5 in the second embodiment.

[0029]

[Eq.5]

$$n(t) = A(\omega_1) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + B(\omega_1) \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$$

Referring to Fig.3, the periodic noise eliminating device according to the third embodiment of the present invention has the same arrangement as that shown in Fig.1 except that the waveform input portion 15 is provided and noise estimating portion and the noise reproducing portion are modified as described later. Accordingly, reference numerals 12A and 13A are respectively attached to the noise estimating portion and the noise reproducing portion, and the same reference numerals are attached to the portions having the same functions as those shown in Fig.1. The description of them are omitted for simplifying the description.



**【0030】**

The waveform input portion 15 inputs a waveform. As a waveform, kinds of waveforms such as of a sine wave, a triangular wave and a rectangular wave or a mixture thereof is provided.

**【0031】**

The noise estimating portion 12A determines, by the maximum likelihood estimation, a frequency, an amplitude, a phase of an optimum waveform based on a waveform and a parameter type inputted from the waveform input portion 15.

**【0032】**

The waveform input portion 15 may input the waveform and the parameter for determining the waveform at the same time.

**【0033】**

Fig.4 shows an input screen of the waveform input portion 15, which inputs a rectangular wave as a waveform, and 0.3 as a parameter  $\alpha$  of the rectangular wave. This parameter  $\alpha$ , as shown in Fig.5, provides a duty ratio of the rectangular wave. The noise estimating portion 12A obtains the optimum estimated value of the frequency, the amplitude, and the phase of the rectangular wave inputted from the waveform input portion 15 based on the input signal. The noise reproducing portion 13A reproduces the periodic noise estimated by the noise estimating portion 12A based on the waveform inputted from the waveform input portion 15.

**【0034】**

The periodic noise eliminating device according to the forth embodiment of the present invention, referring to Fig.6, has the same arrangement as that shown in Fig.1 except that a plurality of noise estimating portions and noise reproducing portions are provided in parallel as will be described later. Namely, in the forth embodiment, it is assumed that the periodic noise within the input signal is a sum of waveforms already known. However, an example of Fig.6 assumes that the periodic noise within the input signal is a sum of two waveforms. Accordingly, in the fourth embodiment, a first and second noise estimating portions 12-1 and 12-2 are provided as the noise estimating portion, and a first and second noise reproducing portions 13-1 and 13-2 are provided as the noise reproducing portion.

**【0035】**

The first noise estimating portion 12-1 estimates the first periodic noise from the input signal by any one of the methods described in the above-mentioned first to third embodiments, and the first noise reproducing portion 13-1 reproduces the first periodic noise estimated by the first noise estimating portion 12-1. Similarly, the second noise estimating portion 12-2 estimates the second periodic noise from the input signal by any one of the methods described in the above-mentioned first to third embodiments, and the second noise reproducing portion 13-2 reproduces the second periodic noise estimated by the second noise estimating portion 12-2. However, the periods of the first and second periodic noise estimated by the first noise estimating portion 12-1 and the second noise estimating portion 12-2 are assumed to be different from each other. The waveform subtracting portion 14 subtracts the first and second periodic noises reproduced by the first and second reproducing portions 13-1 and 13-2.

【0036】

By referring to Fig.7, the periodic noise eliminating device according to the fifth embodiment of the present invention has the same embodiment as that shown in Fig.1 except that the noise estimating portion, the noise reproducing portion and the waveform subtracting portion are made a single unit, and that a plurality of units are cascaded to form a multi-stage unit as will be described later. The example of Fig.7 shows that a unit composed of the noise estimating portion, the noise reproducing portion and the waveform subtracting portion are cascaded to form a two-stage unit. Accordingly, the fifth embodiment has the first and second noise estimating portions 12-1 and 12-2 as the noise estimating portion, the first and second noise reproducing portions 13-1 and 13-2 as the noise reproducing portion, and the first and second waveform subtracting portions 14-1 and 14-2 as the waveform subtracting portion.

【0037】

The first noise estimating portion 12-1 estimates the first periodic noise from the input signal by any one of the methods described in the above-mentioned first to third embodiments, and the first noise reproducing portion 13-1 reproduces the first periodic noise estimated by this first noise estimating portion 12-1. The first waveform subtracting portion 14-1 subtracts the first periodic noise reproduced by the first noise reproducing portion 13-1 from the input signal.

【0038】

Then, the second noise estimating portion 12-2 estimates the second periodic noise from the output signal of the first waveform subtracting portion 14-1 in any one of the methods described in the above-mentioned first to third embodiments, and the second noise reproducing portion 13-2 reproduces the second periodic noise estimated by the second noise estimating portion 12-2. The second waveform subtracting portion 14-1 subtracts the second periodic noise reproduced by the second noise reproducing portion 13-2 from the output signal of the first waveform subtracting portion 14-1.

【0039】

By referring to Fig.8, the periodic noise eliminating device according to the sixth embodiment of the present invention has the same embodiment as that shown in Fig.3 except that a plurality of waveform input portions, noise estimating portions and noise reproducing portions are provided in parallel as will be described later. Namely, in the sixth embodiment, it is assumed that the periodic noise within the input signal is a sum of a plurality of waveforms whose number is already known. However, the example of Fig.8 shows that the periodic noise of the input signal is assumed to be the sum of two waveforms. Accordingly, the sixth embodiment has the first and second waveform input portions 15-1 and 15-2 as the waveform input portion, the first and second noise estimating portions 12A-1 and 12A-2 as the noise estimating portion, and the first and second noise reproducing portions 13A-1 and 13A-2 as the noise reproducing portion.

【0040】

The first and second waveform input portion 15-1 and 15-2 respectively input the first and second waveforms. The first and second noise estimating portions 12A-1 and 12A-2 respectively estimate the parameter of the noise according to the first and second waveforms inputted. The first and second noise reproducing portions 13A-1 and 13A-2 respectively reproduce the first and second periodic noises estimated by the first and second noise estimating portions 12A-1 and 12A-2 based on the first and second waveforms inputted from the first and second waveform input portions 15-1 and 15-2. The waveform subtracting portion 14 subtracts the first and second periodic noise reproduced by the first and second noise reproducing portions 13A-1 and 13A-2.

【0041】

Fig.9 shows a relationship of actual waveform in the above-mentioned sixth embodiment. Fig.9 shows the first waveform inputted by the first waveform input portion 15-1 with a waveform 1 inputted as the second row of Fig.9, and the second waveform inputted by the second waveform input portion 15-2 with a waveform 2 inputted as shown in the fourth row of Fig.9. The first noise estimating portion 12A-1 obtains, in the same way as the above-mentioned third embodiment, optimum basic period, amplitude and phase which fit with the first noise waveform desired to be estimated, for the inputted waveform 1, and the first noise reproducing portion 13A-1 reproduces a noise 1 as shown in the third row of Fig.9. Similarly, the second noise estimating portion 12A-2 obtains, in the same way as the above-mentioned third embodiment, optimum basic period, amplitude, and phase which fit with the second noise waveform desired to be estimated, for the inputted waveform 2, and the second noise reproducing portion 13A-2 reproduces a noise 2 as shown in the fifth row of Fig.9. The waveform subtracting portion 14 subtracts these noises 1 and 2 (namely, noise waveform desired to be estimated shown in the first row of Fig.9) from the input signal.

【0042】

By referring to Fig.10, the periodic noise eliminating device according to the seventh embodiment of the present invention has the same embodiment as that shown in Fig.3 except that the waveform input portion, the noise estimating portion, the noise reproducing portion and the waveform subtracting portion are made a single unit, and that a plurality of units are cascaded to form a multi-stage unit as will be described later. The example of Fig.10 shows that a unit composed of the waveform input portion, the noise estimating portion, the noise reproducing portion and the waveform subtracting portion are cascaded to form a two-stage unit. Accordingly, the fifth embodiment has the first and second waveform input portions 15-1 and 15-2 as the waveform input portion, the first and second noise estimating portions 12A-1 and 12A-2 as the noise estimating portion, the first and second noise reproducing portions 13A-1 and 13A-2 as the noise reproducing portion, and the first and second waveform subtracting portions 14-1 and 14-2 as the waveform subtracting portion.

【0043】

Namely, the seventh embodiment, in the same way as the fifth embodiment described referring to Fig.7, sequentially eliminates the estimated noise and estimates a parameter according to a plurality of (two in Fig.10) waveforms.

【0044】

Referring to Fig.11, the periodic noise eliminating device according to the eighth embodiment of the present invention has the same arrangement as that shown in Fig.7 except that the noise estimating portion are modified as described later. Accordingly, reference numerals 12B-1 and 12B-2 are respectively attached to the noise estimating portion. In this example, it is assumed that the periodic noise within the input signal is a sum of two waveforms.

【0045】

The first noise estimating portion 12B-1 estimates the first periodic noise from the input signal in the method described in the above-mentioned first to third embodiments, and the first noise reproducing portion 13-1 reproduces the periodic noise estimated by the first noise estimating portion 12B-1. The angular frequency  $\omega_1$  of the first periodic noise waveform estimated by the first noise estimating portion 13B-1 is assumed to be a base angular frequency of the waveform to be estimated.

【0046】

The second noise estimating portion 12B-2 makes  $n\omega_1$ , that is a predetermined integral coefficient multiple of the estimated base angular frequency  $\omega_1$ , an angular frequency, and as for the others, by the method described in the above-mentioned first to third embodiments, estimates a parameter of the second periodic noise except the first periodic noise angular frequency  $\omega_1$  from the output signal of the first waveform subtracting portion 14. The second noise reproducing portion 13-2 reproduces the second periodic noise estimated by the second noise estimating portion 12B-2. The second waveform subtracting portion 14-2 subtracts the second periodic noise reproduced by the second noise reproducing portion 13-2 from the output signal of the first waveform subtracting portion 14-1.

【0047】

The periodic noise eliminating device according to the ninth embodiment of the present invention will now be described referring to Figs.12 and 13. In the ninth embodiment, the non-signal block estimating

portion 11 detects two non-signal blocks. The waveform at this time is shown in Fig.12. The two non-signal blocks detected are respectively represented by times  $t_1$  and  $t_2$  ( $t_1 < t_2$ ) as shown in Fig.12. As mentioned above, it is considered that the angular frequency prescribing the periodic noise is not fixed but changes over time. In the non-signal blocks represented by the time  $t_1$  and  $t_2$ , the noise waveforms estimated by the method described in the above-mentioned embodiments are assumed respectively  $\omega(t_1)$  and  $\omega(t_2)$ . At this time, as shown in Fig.13, an angular frequency  $\omega(t)$  of the periodic noise at a time  $t$  is smoothly interpolated. Specifically, a linear interpolation is performed according to the following equation 6:

【0048】

【Eq.6】

$$\omega(t) = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \{ \omega(t_2) - \omega(t_1) \} + \omega(t_1)$$

The present invention is not limited to the above-mentioned embodiments, and it is possible to change and modify variously within a range not exceeding an intention of the present invention. For example, in a case where three or more non-signal blocks exist in an input signal, interpolation can be performed by taking representing points similarly. Also, it is possible to use not a linear interpolation but a spline interpolation. Furthermore, not only an angular frequency of the estimated periodic noise but also an estimated parameter such as amplitude and phase can be similarly interpolated.

【0049】

【Effect of the Invention】

As mentioned above, the present invention is arranged so that one or more non-signal blocks are discriminated from an input signal, a periodic noise is estimated from the input signal of the discriminated non-signal block, and the estimated periodic noise is reproduced. Therefore, it becomes possible to eliminate the periodic noise from the input signal with the periodic noise superimposed thereon. Such an input signal includes e.g. a voice signal in which hum noise of an alternate current power is superimposed. Even if hum noise is not completely eliminated at a stage of recording the voice, it becomes possible to completely eliminate the hum noise by subsequent processing substantively.

【Brief Description of the Drawings】

Fig.1 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the first embodiment according to the present invention;

Fig.2 is a waveform diagram illustrating a signal waveform of each portion of the periodic noise eliminating device shown in Fig.1;

Fig.3 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the third embodiment according to the present invention;

Fig.4 is a diagram showing an example of an input screen of a waveform input portion used for the periodic noise eliminating device shown in Fig.3;

Fig.5 is a diagram for illustrating the waveform parameter shown in Fig.4;

Fig.6 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the fourth embodiment according to the present invention;

Fig.7 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the fifth embodiment according to the present invention;

Fig.8 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the sixth embodiment according to the present invention;

Fig.9 is a waveform diagram showing a waveform of each portion for illustrating an operation of the periodic noise eliminating device shown in Fig.8;

Fig.10 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the seventh embodiment according to the present invention;

Fig.11 is a block diagram showing a periodic noise eliminating device by the eighth embodiment according to the present invention;

Fig.12 is a diagram for illustrating a relationship between a waveform and a time representing a non-signal block in a periodic noise eliminating device by the ninth embodiment according to the present invention; and

Fig.13 is a diagram for illustrating a relationship between a time and an angular frequency in a periodic noise eliminating device by the ninth embodiment according to the present invention.

**【Explanation of Reference Numerals】**

11 non-signal block estimating portion

12, 12A, 12-1, 12-2, 12A-1, 12A-2, 12B-1, 12B-2 noise estimating portion

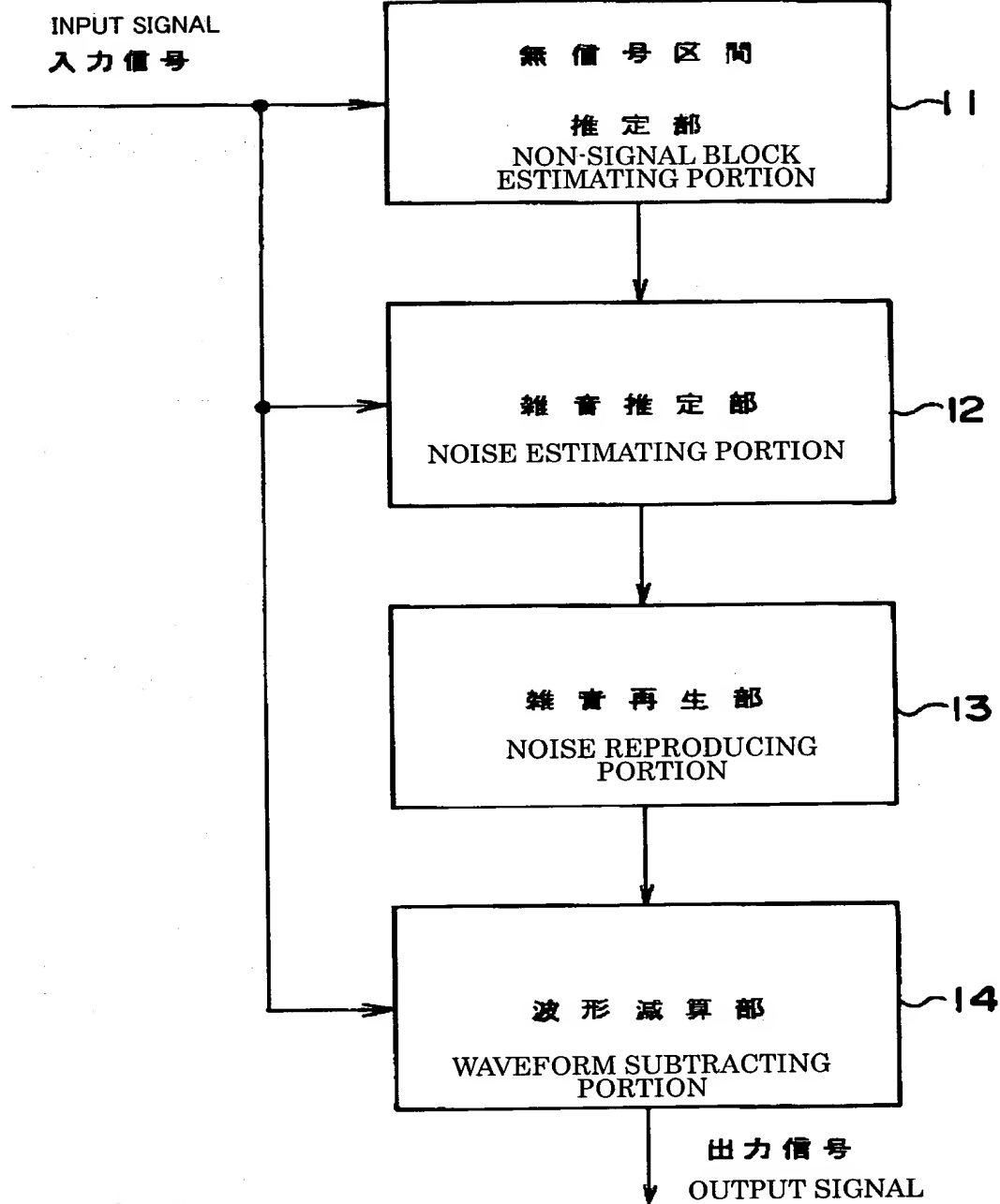
13, 13A, 13-1, 13-2, 13A-1, 13A-2 noise reproducing portion

**14, 14-1, 14-2 waveform subtracting portion**

**15, 15-1, 15-2 waveform input portion**



【FIG.1】



【FIG.2】

入力信号 (全体)  
INPUT SIGNAL  
(WHOLE)

推定された無信号区間

ESTIMATED NON-SIGNAL BLOCK

入力信号の  
無信号区間 (拡大)

NON-SIGNAL BLOCK OF INPUT SIGNAL  
(ENLARGED)

周期性雑音 (拡大)

REPRODUCED PERIODIC NOISE (ENLARGED)

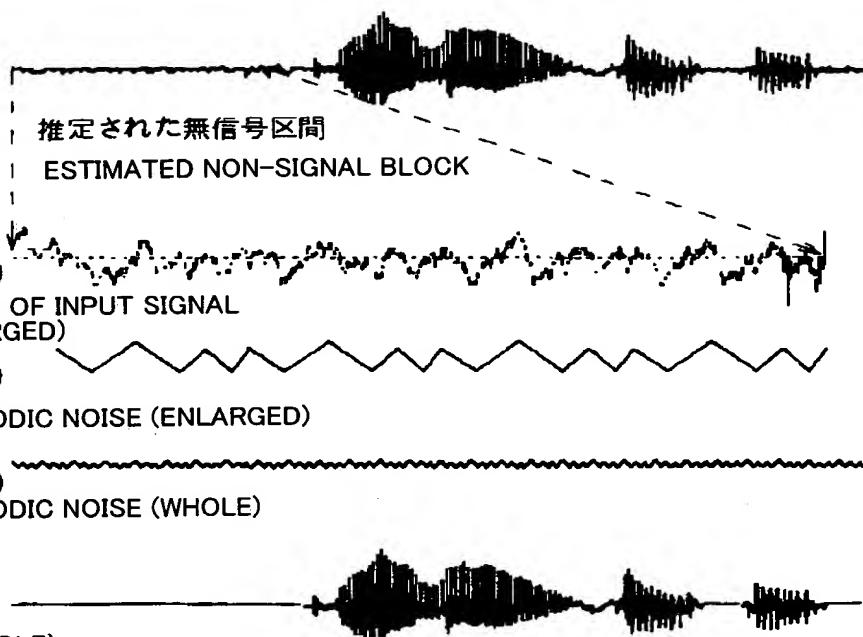
再生された

周期性雑音 (全体)

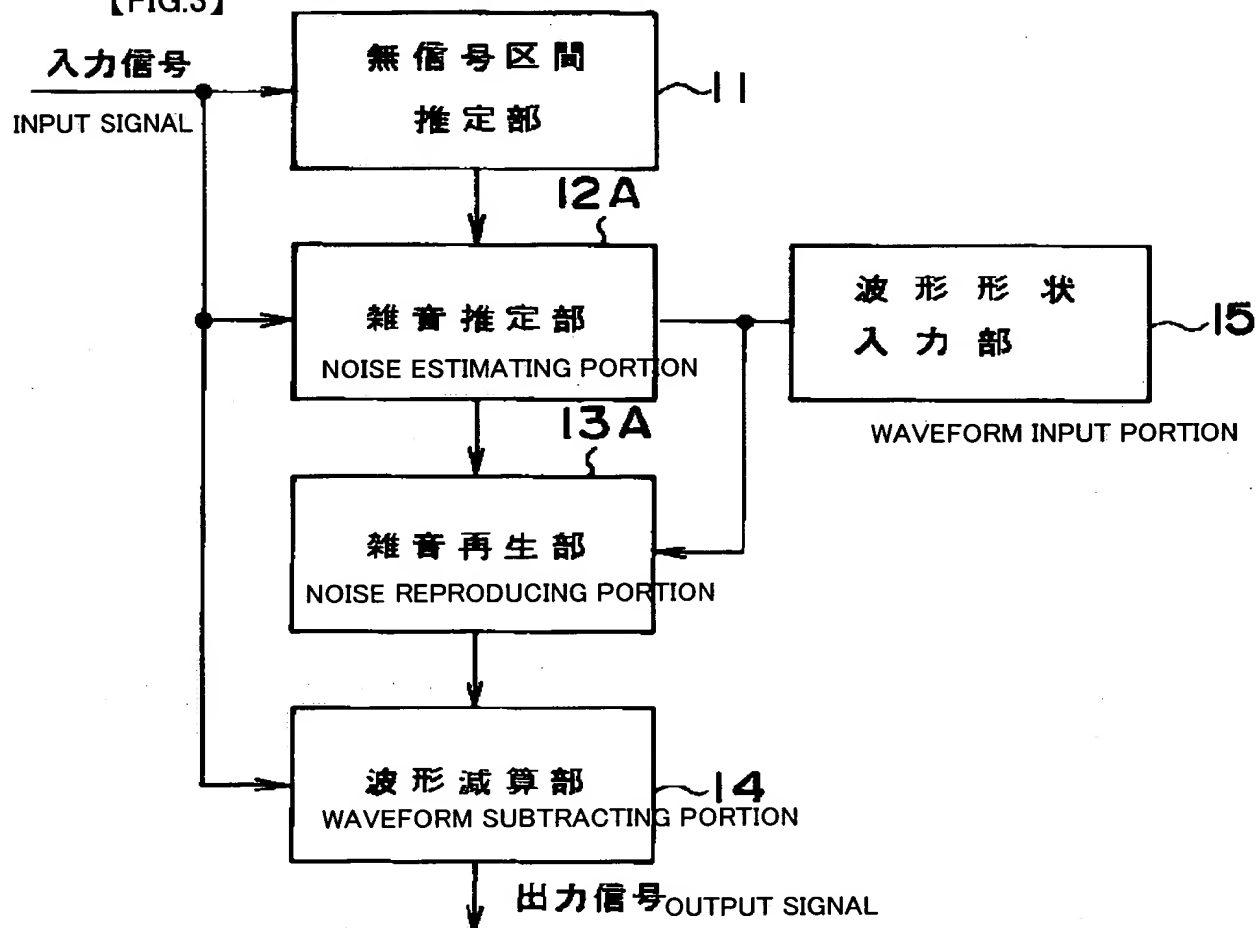
REPRODUCED PERIODIC NOISE (WHOLE)

出力信号 (全体)

OUTPUT SIGNAL (WHOLE)



【FIG.3】 NON-SIGNAL BLOCK ESTIMATING PORTION



【FIG.4】

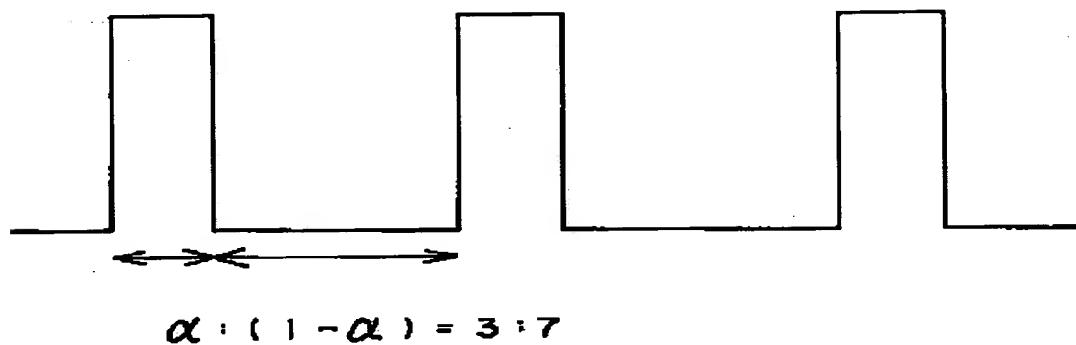
波 形 形 状： 矩 形 波

WAVEFORM:RECTANGULAR WAVE

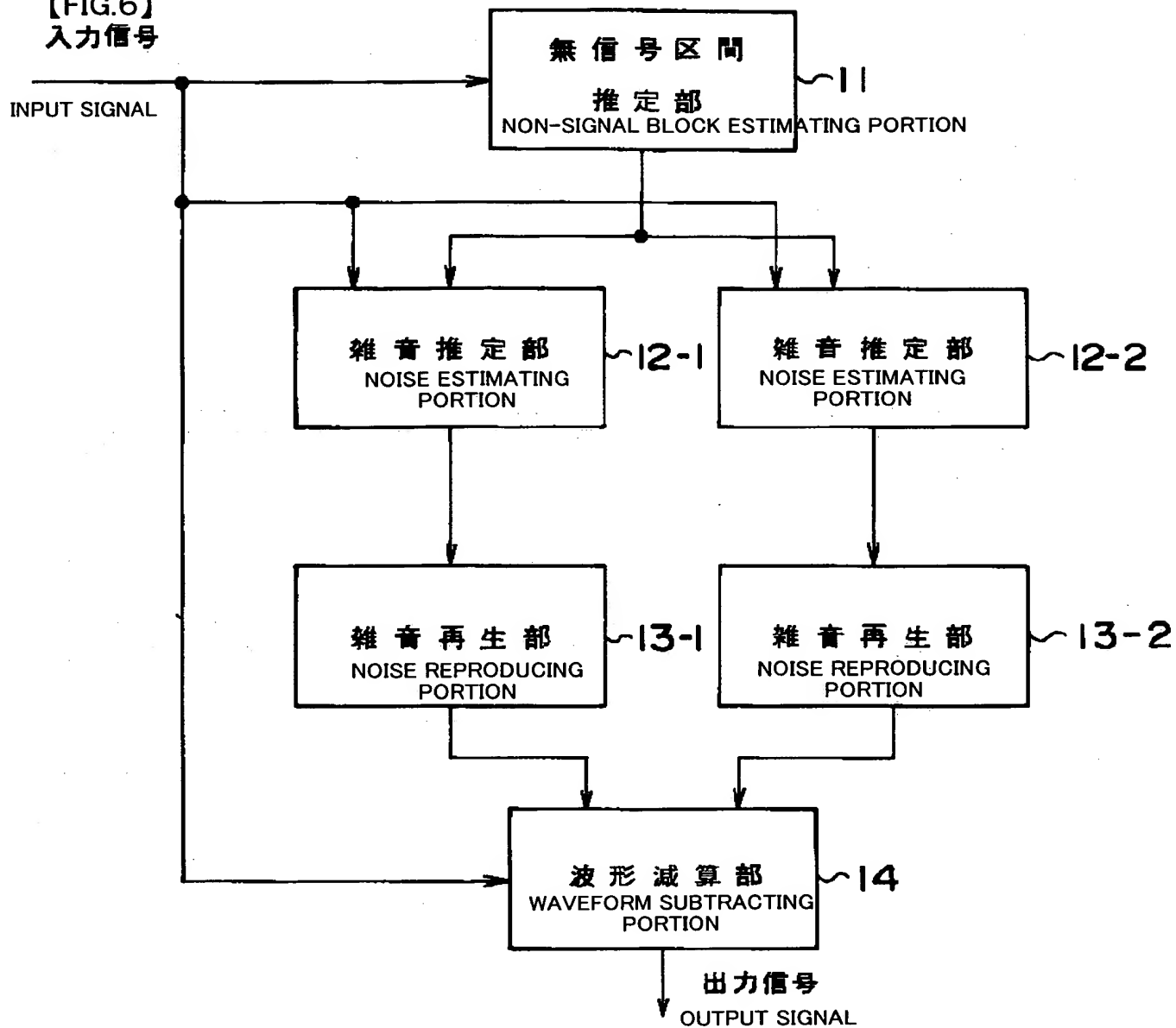
形 状 パ ラ メ ー タ： $\alpha = 0.3$

FORM PARAMETER:  $\alpha=0.3$

【FIG.5】



【FIG.6】  
入力信号

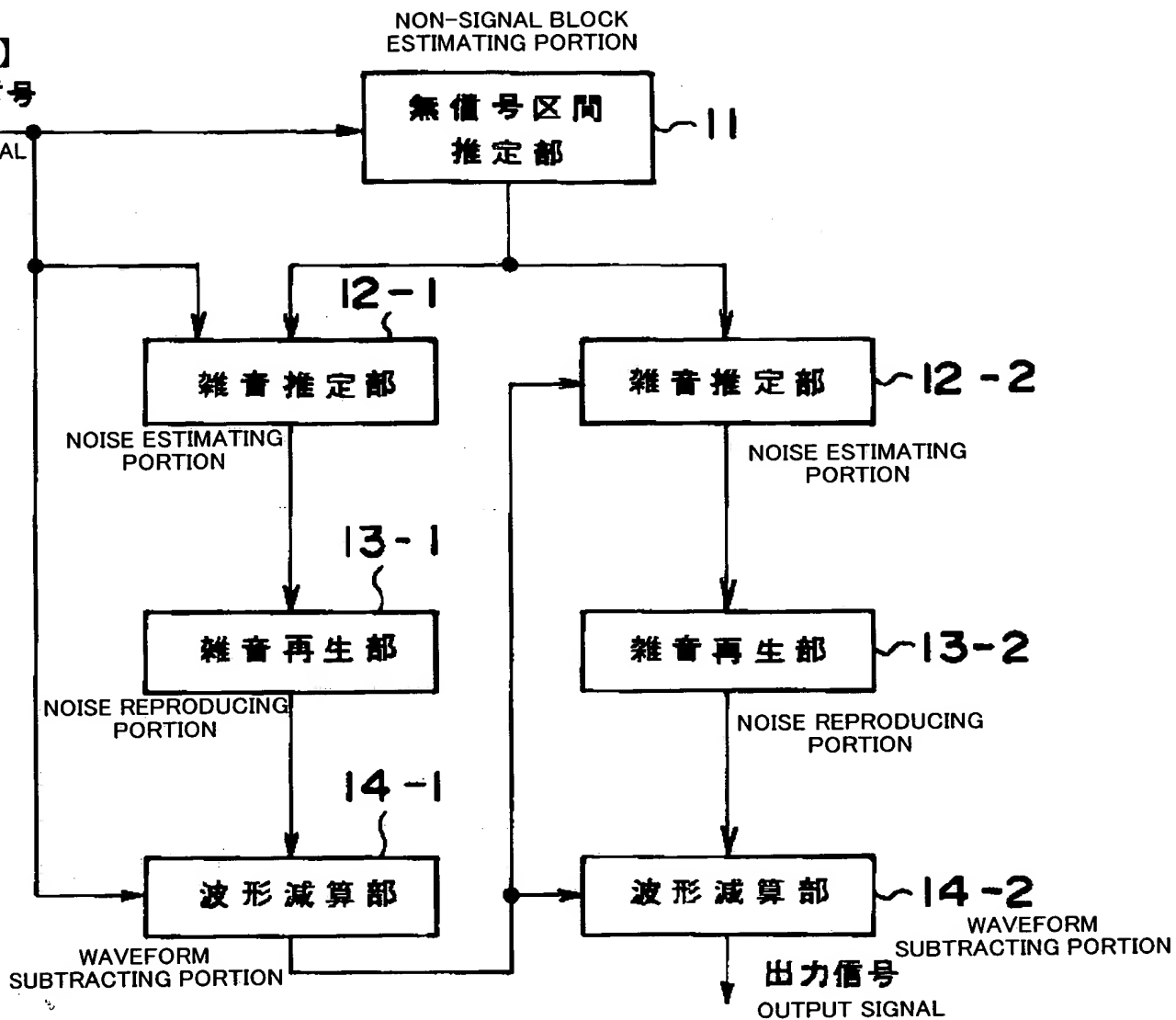


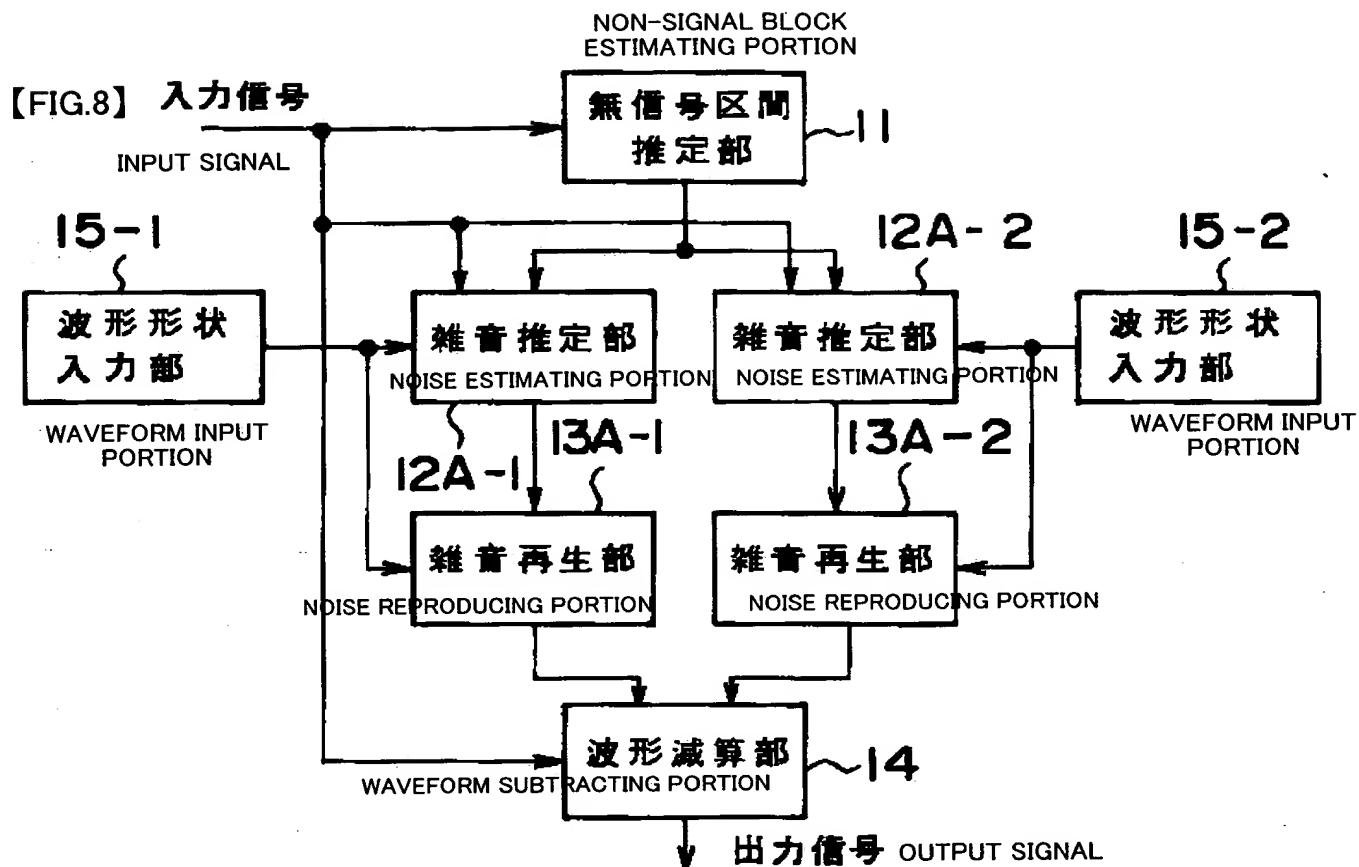
【FIG.7】

入力信号

NON-SIGNAL BLOCK  
ESTIMATING PORTION

INPUT SIGNAL





**【FIG.9】**

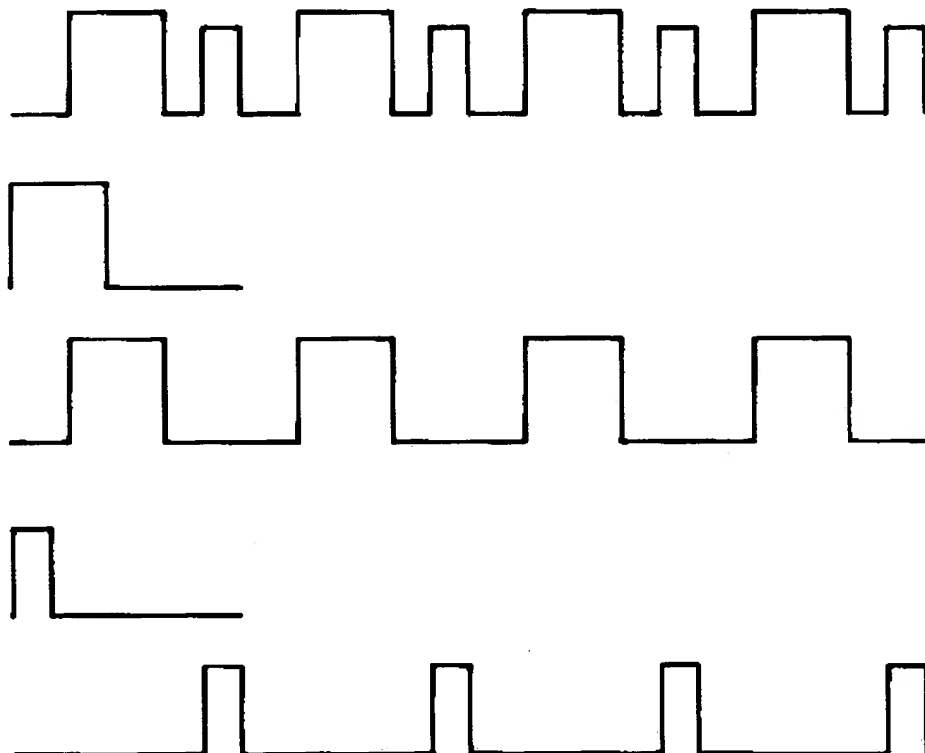
推定したい雑音波形  
NOISE WAVEFORM  
DESIRED TO BE  
ESTIMATED

入力された波形形状 1  
(基本周期分)  
INPUTTED WAVEFORM 1  
(FOR BASIC PERIOD)

再生された雑音 1  
REPRODUCED NOISE 1

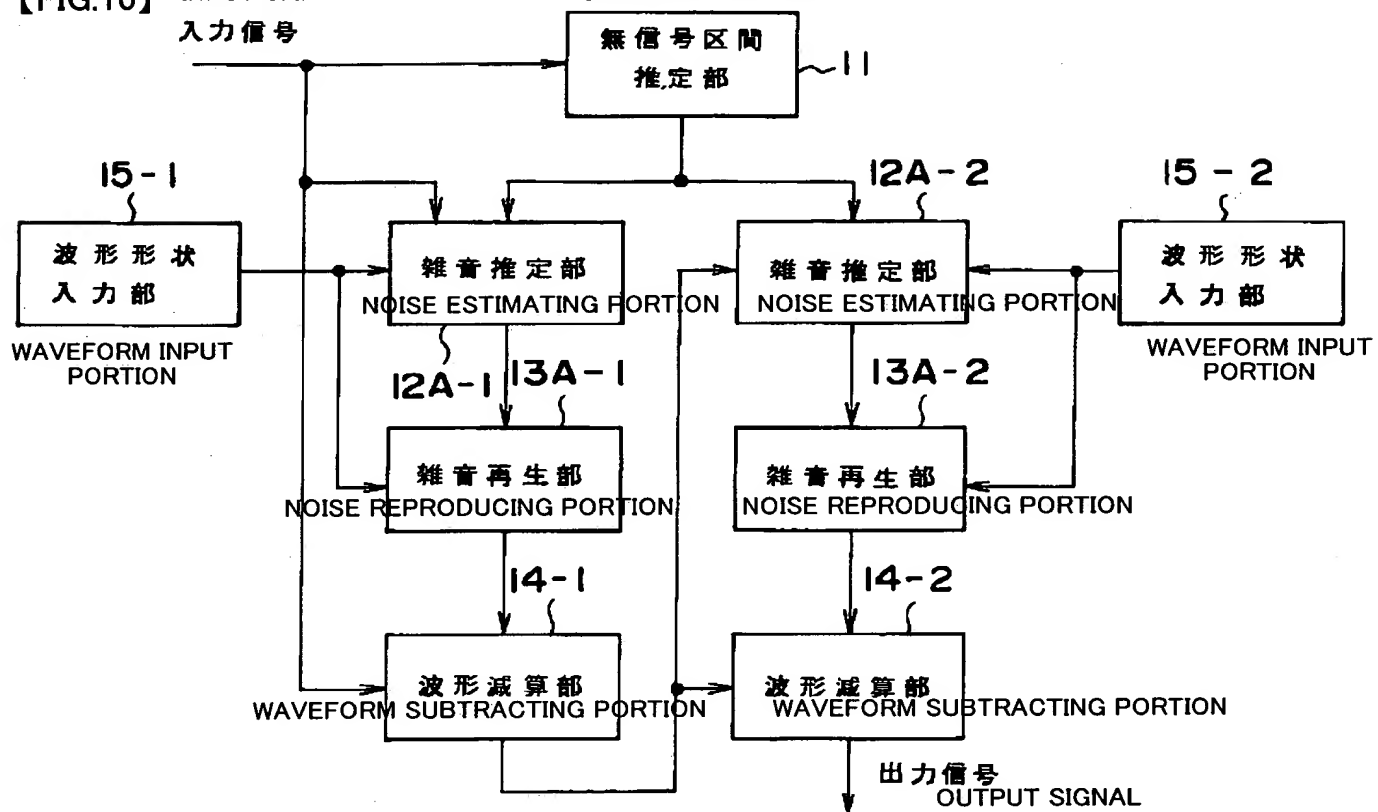
入力された波形形状 2  
(基本周期分)  
INPUTTED WAVEFORM 2  
(FOR BASIC PERIOD)

再生された雑音 2  
REPRODUCED NOISE 2

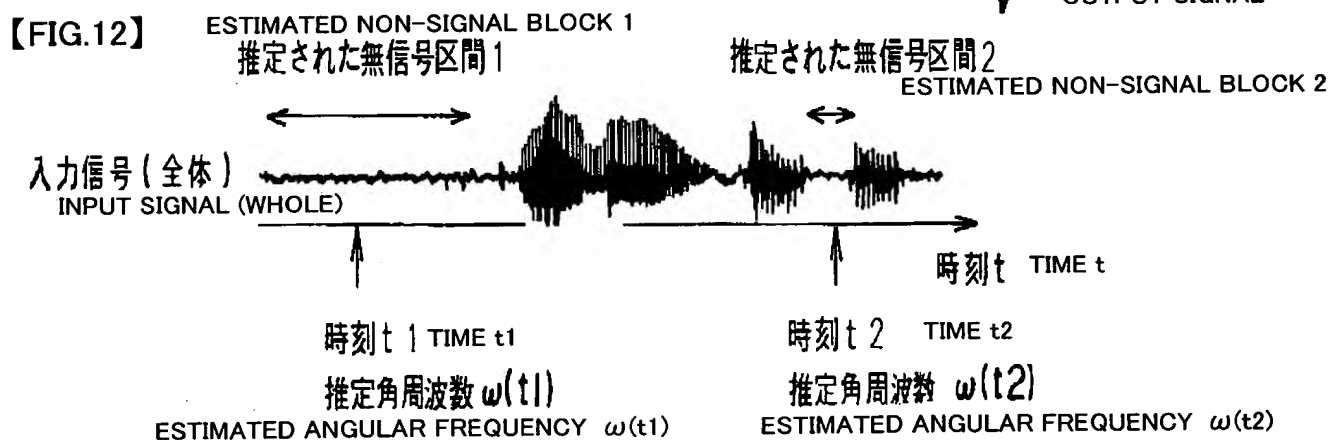
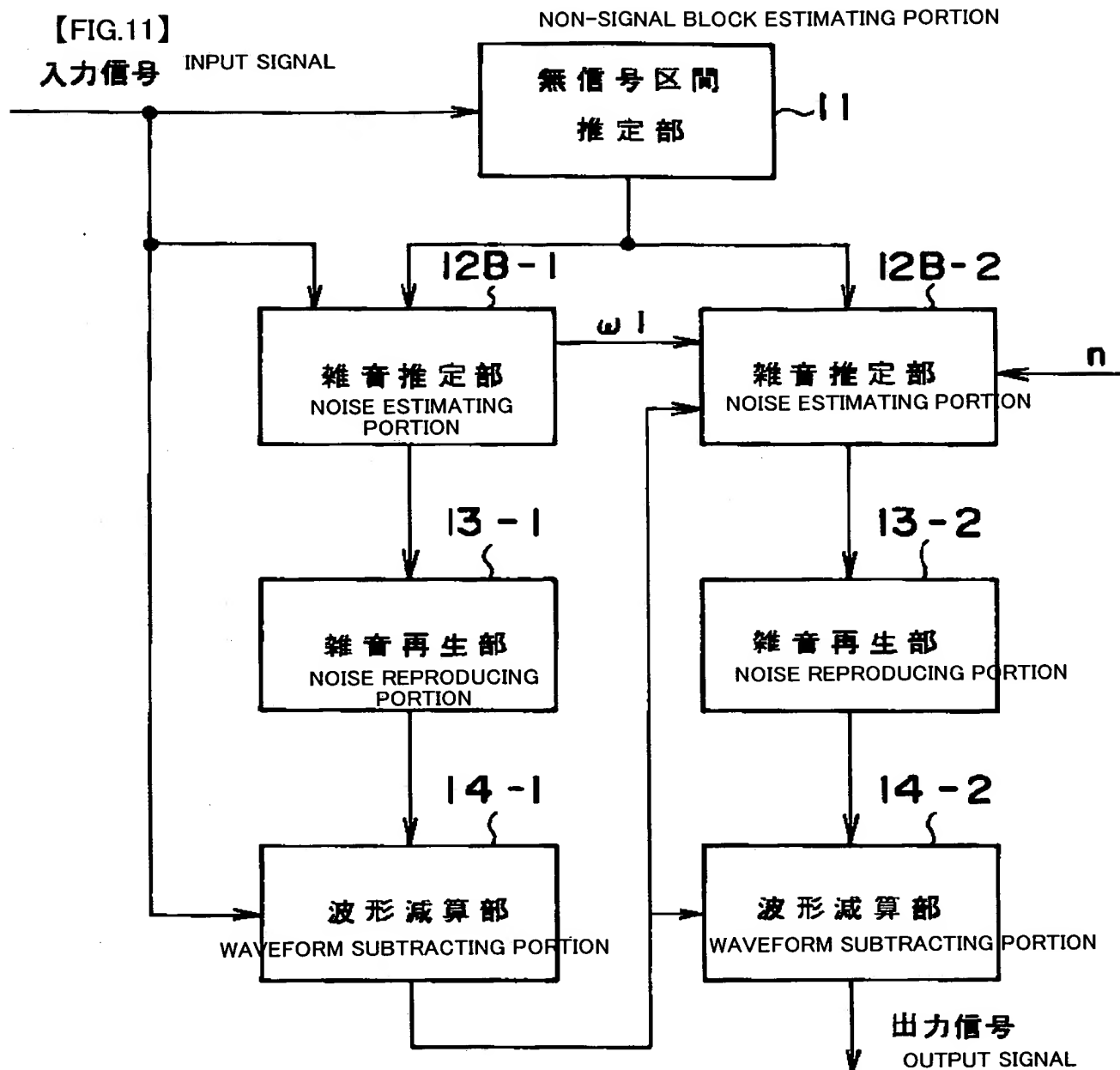


【FIG.10】 INPUT SIGNAL  
入力信号

NON-SIGNAL BLOCK  
ESTIMATING PORTION







【FIG.13】

